

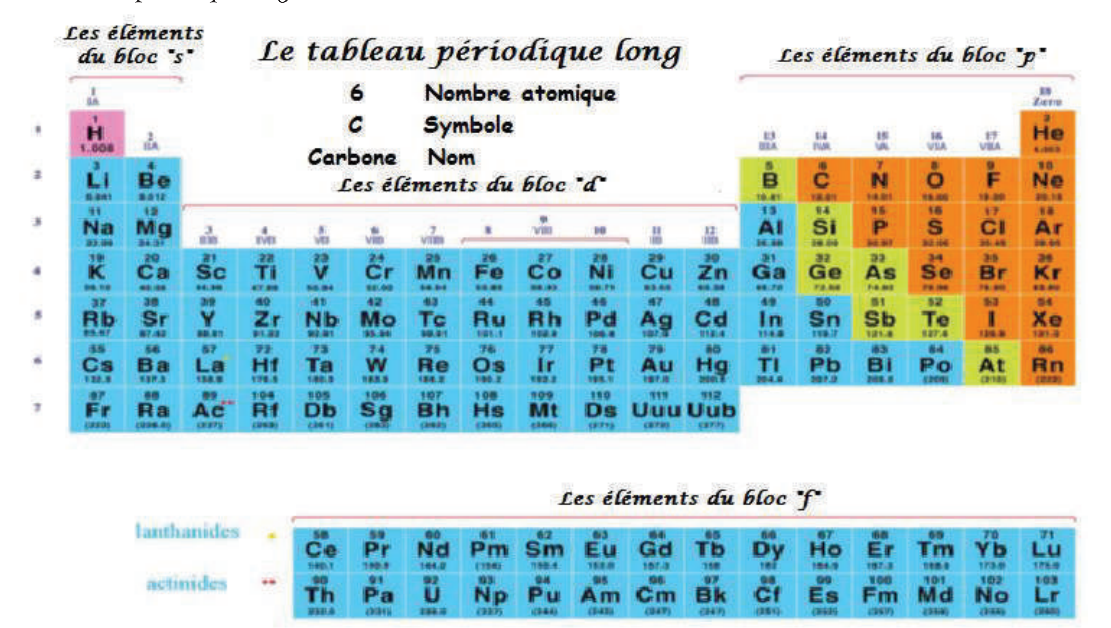
مفاهيم الكيمياء (فرنسي)

الصف الثالث الثانوي

Les concepts scientifique Chapitre (1)

Les éléments de transition

Le tableau périodique long



L'importance économique des éléments de la première série de transition :

❖ *Le scandium*:-

Se trouve en très petite quantité réparti sur une grande superficie de l'écorce terrestre.

☞Il est additionné une petite proportion à l'aluminium pour former un alliage très léger et très dur utilisé dans la fabrication des avions "Meije" militaires.

☞Il est additionné dans les lampes à vapeur de mercure pour produire une lumière à capacité élevée qui ressemble à la lumière du Soleil; ainsi ces lampes sont utilisées dans la téléphotographie durant la nuit.

❖ *Le titane*:

Élément **très dur** comme l'acier mais **moins dense**.Ses **alliages avec l'aluminium** sont utilisés dans la fabrication des avions et vaisseaux spatiaux car il maintient sa dureté dans les degrés de température élevée pourtant la dureté de l'aluminium diminue.

Il est utilisé dans les opérations d'implantation des dents et des articulations



Le titane est utilisé dans les opérations d'implantation des dents

artificielles car le corps ne le refuse pas et il
ne cause pas un empoisonnement.

L'oxyde de titane "IV" (TiO_2) est un des composés de titane répandus qui entre dans la structure des produits protecteurs des rayons solaires, ses particules nanonïques empêche l'arrivée des rayons ultraviolets à la peau.

- *Le vanadium*:

En ajoutant une petite proportion de cet élément à l'acier, il se forme un alliage très dur qui a un une grande résistance à la corrosion ainsi on l'utilise dans la fabrication des ressorts des voitures.

Le pentoxyde de vanadium "V_2O_5" est un de ses composés utilisés comme pigments dans la fabrication de la céramique et du verre et comme catalyseur dans la fabrication des aimants très bon conducteurs.

- *Le chrome*:

Élément chimiquement très actif mais **résiste** aux agents atmosphériques car il se forme une couche d'oxyde sur sa surface; le volume des molécules de l'oxyde formé est plus grand que celle des atomes de l'élément fournissant une surface non-poreux qui empêche la continuité de la réaction du chrome avec l'oxygène de l'air.Le chrome est utilisé dans la galvanisation des métaux et le tannage de peau. Parmi les composés les plus répandus de chrome:-
A- L'oxyde de chrome III "Cr_2O_3" utilisé dans les pigments.
B- Le bichromate de potassium "$K_2Cr_2O_7$" utilisé comme matière oxydante.

- *Le manganèse*:

Il n'est pas utilisé à l'état pur car il est très spongieux, c'est pour cela qu'il est utilisé toujours sous forme d'alliage ou de composés. ☞Les alliages de **fer** et de manganèse sont utilisés dans la fabrication des rails de chemin de fer car il est plus dur que l'acier.

☞Les alliages d'**aluminium** et de manganèse sont utilisés dans l'industrie des boîtes des boissons gazeuses à cause de sa résistance à la corrosion.

☞Parmi les plus importants **composés** de manganèse, on peut citer:-

A- Le **dioxyde de manganèse** "MnO_2" qui est un agent oxydant fort utilisé dans la fabrication des piles sèches.

B- Le **permanganate de potassium** "$KMnO_4$" qui est une matière oxydante et désinfectante.

- C- Le **sulfate de manganèse II** "$MnSO_4$" qui est utilisé comme fongicide.
- *Le fer*:

☞Il est utilisé dans les bétons armés, les tours d'électricité, les couteaux, les tuyaux des fusils et des canons et les instruments chirurgicaux.

☞Il est utilisé comme **catalyseur** dans:-

*L'industrie du gaz ammoniac par le procédé (Haber – Bosch).

*La conversion du gaz à eau (mélange d'hydrogène et de monoxyde de carbone) en carburant liquide par le procédé (Fisher – Tropsh).

❖ *Le cobalt*:

Il ressemble au fer de point de vu d'être aimantés et ils sont utilisés dans la fabrication des aimants et des piles sèches des voitures modernes. Le cobalt a "12 isotopes" radioactifs; le "cobalt 60" est le plus important car il émet des **rayons gamma** caractérisés par un grand pouvoir de pénétration ainsi il est utilisé dans:-

Les opérations de conservation des aliments, La vérification de la qualité des produits en découvrant la position des fissures et la soudure des liens. La médecine en découvrant les tumeurs malines et leurs traitements.

❖ *Le nickel*:

☞Il est utilisé dans la fabrication des piles de Nickel-Cadmium rechargeables.

☞Les alliages nickel et **acier** sont caractérisés par une grande solidité et une résistance à la rouille et aux acides.

☞Les alliages nickel et **chrome** sont utilisés dans les appareils de chauffage et les fours électriques car ils résistent à la corrosion même s'ils sont chauffés à rouge.

☞Plusieurs métaux sont nickelés pour les protéger de l'oxydation, la corrosion et leur donner un meilleur aspect.

☞Le nickel subdivisé est utilisé comme **catalyseur** dans les opérations d'hydrogénation des huiles.

❖ *Le cuivre*:

Historiquement, le cuivre est le 1er élément connu par l'homme. L'alliage du cuivre et d'étain est connu sous le nom de **bronze**.

☞Le cuivre est utilisé dans l'industrie des câbles électriques car il est un bon conducteur de l'électricité.

☞Le cuivre est utilisé dans l'industrie des alliages des pièces de monnaies.

Parmi les composés célèbres du cuivre Le sulfate de cuivre II ($CuSO_4$) qui est utilisé comme insecticide et fongicide dans les opérations de purification des eaux. La solution de Fehling qui est un des composés de cuivre II, est utilisée pour la mise en évidence du sucre glucose ; sa couleur change du bleu en orange.

❖ *Le zinc*: La plupart de ses utilisations est dans la galvanisation des autres métaux pour les protéger de la rouille.

Parmi les composés célèbres du zinc, L'oxyde de zinc "ZnO" qui entre dans l'industrie des peintures, du caoutchouc, des produits de beauté. Le composé sulfure de zinc ZnS qui est utilisé dans l'industrie des teintures lumineuses et les écrans des rayons "X".

ıre électronique des éléments de la 1ère ransition et leurs cas d'oxydations

e	Structure électronique	Etat d'oxydation	Quelques composés
	[Ar], $4s^2$, $3d^1$	③	Sc_2O_3
	[Ar],$4s^2$, $3d^2$	2 , 3, ④	TiO_2,Ti_2O_3,TiO
	[Ar],$4s^2$, $3d^3$	2 , 3 , 4 , ⑤	V_2O_5, VO_2,V_2O_3, VO
	[Ar],$4s^1$, $3d^5$	2 , ③, 6	CrO_3, Cr_2O_3, CrO
	[Ar],$4s^2$, $3d^5$	2, 3, ④, 6, 7	MnO_2 , Mn_2O_3, MnO,$KMnO_4$, K_2MnO_4
	[Ar],$4s^2$, $3d^6$	2, ③	Fe_2O_3, FeO
	[Ar],$4s^2$, $3d^7$	②, 3, 4	$[CoF_6]^{2-}$, $CoCl_3$, $CoCl_2$
	[Ar],$4s^2$, $3d^8$	②, 3, 4	NiO_2 , Ni_2O_3 ,NiO

Les caractères généraux des éléments de la 1ère série de transition

Elément	La masse atomique	Le rayon atomique Å	La densité g/cm³	Point de fusion ℃	Point d'ébullition ℃
Sc	45,0	1,44	3,10	1397	3900
Ti	47,9	1,33	4,42	1680	3130
V	51,0	1,22	6,07	1710	3530
Cr	52,0	1,17	7,19	1890	2480
Mn	54,9	1,17	7,21	1247	2087
Fe	55,9	1,16	7,87	1528	2800
Co	58,9	1,16	8,70	1490	3520
Ni	58,7	1,15	8,90	1492	2800
Cu	63,5	1,17	8,92	1083	2582

(*) (À lire seulement)

1- Le tableau suivant montre les couleurs de quelques ions hydratés des métaux de la 1ère série de transition :

Nombre des électrons de (3d) dans l'ion	La couleur	Nombre des électrons de (3d) dans l'ion	La couleur
$Sc^{3+}_{(aq)}$ ($3d^0$)	incolore	$Fe^{3+}_{(aq)}$ ($3d^5$)	Jaune
$Ti^{3+}_{(aq)}$ ($3d^1$)	Violet rouge	$Fe^{2+}_{(aq)}$ ($3d^6$)	Vert
$V^{3+}_{(aq)}$ ($3d^2$)	Bleu	$Co^{2+}_{(aq)}$ ($3d^7$)	Rouge
$Cr^{3+}_{(aq)}$ ($3d^3$)	Vert	$Ni^{2+}_{(aq)}$ ($3d^8$)	Vert
$Mn^{3+}_{(aq)}$ ($3d^4$)	Violet	$Cu^{2+}_{(aq)}$ ($3d^9$)	Bleu
$Mn^{2+}_{(aq)}$ ($3d^5$)	Rouge (rose)	$Cu^{+}_{(aq)}$, $Zn^{2+}_{(aq)}$ ($3d^{10}$)	incolore

L'extraction du fer de ses minerais

I. Préparation du minerai de fer a pour but:-

1- Amélioré les propriétés physiques et mécaniques des minerais.

Broyage Obtenir le minerai en petites dimensions facile à réduire

feutrages : l'agglomération des minerais en poudre et les gaz produites des hauts fours et la transformer en grosses particules

concentration : L'opération de la concentration a lieu en utilisant la propriété de la tension superficielle, la séparation magnétique, la séparation électrique ou la calcination.

2- Amélioré les propriétés chimiques :-La calcination pour dessécher le minerai, se débarrasser de l'humidité et augmenter le taux de fer dans le minerai :-

$2\ Fe_2O_3 \cdot 3\ H_2O_{(s)}$ (40% fer) $\xrightarrow{\Delta}$ $2\ Fe_2O_{3(s)}$ (69,6% fer) + $3\ H_2O_{(g)}$.

$2\ FeCO_{3(s)}$ (48,2% fer) $\xrightarrow{\Delta}$ $2\ FeO_{(s)}$ + $CO_{2(g)}$

$2FeO + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)}$ (69,6% fer)

Oxyder certaines impuretés comme le soufre et le phosphore :-

$S_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} SO_{2(g)}$ $\qquad$ $4P_{(s)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2P_2O_{5(v)}$

II. Réduction du minerai de fer :-

(A)La réduction par le monoxyde de carbone produit par le charbon de coke dans le faut fourneau

$C_{\text{Coke}\ (s)} + O_{2\ (g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2\ (g)}$

$CO_{2\ (g)} + C_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2CO_{\ (g)}$

$3CO_{(g)} + Fe_2O_{3(s)} \xrightarrow{>700^0c} 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$

(B) La réduction par le monoxyde de carbone et l'hydrogène (gaz à l'eau) qui sont les produits du méthane (le % du méthane CH_4 93%) dans le four Midrex

$3CO_{(g)}+2Fe_2O_{3(s)}+3H_{2(g)} \xrightarrow{>700^0c} 4Fe_{(s)}+3CO_{2(g)}+3H_2O_{(v)}$

$2CH_{4\ (g)} + CO_{2\ (g)} + H_2O_{\ (v)} \xrightarrow[\text{Cat}]{\Delta} 3CO_{\ (g)} + 5\ H_{2\ (g)}$.

Les Alliages

- Genres d'alliages : 1- Alliages interstitiels Les atomes du métal (fer) sont rangés dans un réseau cristallin.
- Lors d'un choc, une des couches du réseau se déplace sur l'autre.
- Les atomes du métal (fer) sont rangés dans un réseau cristallin.
- Lors d'un choc, une des couches du réseau se déplace sur l'autre.
- Si on introduit dans les espaces interstitiels du réseau cristallin du métal initial un autre métal dont le volume de ses atomes est plus petit que le volume des atomes du métal pur pour former l'alliage :-
  - Les couchent ne se glissent pas.
  - La dureté du métal augmente.
  - Les propriétés physiques comme la malléabilité, la ductilité, les points de fusion, la conductibilité électrique et les propriétés magnétiques sont influencées.
- Ex/ L'alliage fer et carbone (l'acier)

2- Alliages substitutionnels : On remplace quelques atomes du réseau cristallin du métal original par des atomes d'un autre métal ayant :-*diamètre (V. atomique).*structure cristalline. *propriétés chimiques.
Ex/ 1. Alliage {Fe-Cr} dans l'acier inoxydable.2. Alliage {Au-Cu}.3. Alliage {Fe-Ni}

3- Alliages à composés intermétalliques : Les éléments qui constituent l'alliage, s'unissent chimiquement formant des composés chimiques, leurs formules chimiques ne sont pas soumises aux lois des valences.Ce sont des composés solides formés des métaux qui ne sont pas situés dans le même groupe du T.P.L.Ex/1. Cémentite Fe_3C.2. Alumine Dior Ni_3Al.3. Alliages (Plomb-or) Au_2Pb

Le Fer $^{56}_{26}Fe$ [Ar],$4s^2$,$3d^6$

Les propriétés du fer

1- **Action de l'air** :- $3\,Fe_{(s)} + 2\,O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_{4(s)}$

2- **Action de l'eau** :- $3\,Fe_{(s)} + 4\,H_2O_{(v)} \xrightarrow{500^0C} Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)}\uparrow$.

3- **Avec les non métaux** :- $2Fe_{(s)} + 3\,Cl_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2\,FeCl_{3(s)}$

$Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$

4- **Avec les acides** :-

$Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)}$ --- dilué→ $FeCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

$Fe_{(s)} + H_2SO_{4(aq)}$ --- dilué→ $FeSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$

$3Fe_{(s)} + 8\,H_2SO_{4(\ell)}$ --- conc/Δ→ $FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4SO_{2(g)} + 8H_2O_{(v)}$

<u>Les oxydes de fer 1-</u> : Oxyde de fer II

Préparation :En chauffant l'oxalate de Fer II à l'abri de l'air

$(COO)_2Fe_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeO_{(s)} + CO_{(g)} + CO_{2(g)}$.

En réduisant les oxydes supérieurs par**H_2 *ou CO*** :-

$Fe_2O_{3(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400-700^\circ C} 2\,FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$.

$Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{400-700^\circ C} 3\,FeO_{(s)} + H_2O_{(v)}$

Ses propriétés $FeO_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{dil} FeSO_{4(aq)} + H_2O_{(\ell)}$

$4\,FeO_{(s)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2\,Fe_2O_{3(s)}$

2- Oxyde de fer III Préparation :

$FeCl_{3(aq)} + 3NH_4OH_{(aq)} \rightarrow Fe(OH)_{3(s)}\downarrow$(Marron rougeâtre) $+ 3\,NH_4Cl_{(aq)}$.

$2Fe(OH)_{3(s)} \xrightarrow{T^\circ > 200^\circ c} Fe_2O_{3(s)} + 3\,H_2O_{(v)}$.

$2\,FeSO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$

Ses propriétés : $Fe_2O_{3(s)} + 3H_2SO_{4(\ell)} \xrightarrow[\Delta]{Conc} Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 3\,H_2O_{(\ell)}$

3-Oxyde magnétique de fer (Magnétite)

Préparation : $Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \xrightarrow{230^\circ C / 300\,^\circ C} 2\,Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g}$

Ses propriétés : $Fe_3O_{4(s)} + 4\,H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{Conc} FeSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 4\,H_2O_{(\ell)}$

$$2Fe_3O_4 + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{\Delta} 3Fe_2O_3$$

Les concepts scientifique Chapitre (2)

L'analyse chimique

Révision des concepts et des lois déjà étudier

1. La mole :- C'est la masse moléculaire de la matière exprimée en gramme. Renferme le nombre d'Avogadro de molécules ,atomes , ions et d'électrons
   $Al^{+3} + 3\ e^{-} \rightarrow Al$ on a besoin de 3 moles d'électrons pour réduire 1 mole d'ions d'Aluminium Al^{3+} pour former 1 mole atomes de Al
2. La masse molaire (g) :

C'est La somme des masses atomiques des éléments qui constituent le molécule ou la formule en gramme

3. $\text{Nombre de mole (mol)} = \dfrac{\text{Masse de la matière(g)}}{\text{Masse d'une mole(g/mol)}}$

Nombre de molécules ou d'atomes ou d'ions = Nombre de mole x nombre d'Avogadro $6{,}02.10^{23}$

4. Volume d'un gaz (L) = nombre de moles du gaz x 22,4 a TPN
5. La densité du gaz (g/L)= $\dfrac{\text{masse molaire (g/mol)}}{22{,}4\text{(mol/L)}}$
6. La concentration molaire (M) = $\dfrac{\text{nombre de moles (mol)}}{\text{volume en litre}}$ (mol/L)

$$\text{Concentration d'une solution} = \frac{\text{Nombre de moles}}{\text{Volume en litre}}\ \text{mol/l}$$

7. Le pourcentage de masse d'un élément dans un composé (g/g%) =

$\dfrac{\text{la masse de l'élément dans une mole du composé}}{\text{la masse molaire du composé}} \times 100$

8. Le pourcentage de masse d'un composé dans un échantillon impure =

$\dfrac{\text{la masse du composé dans l'échantillon}}{\text{la masse de l'échantillon impure}} \times 100$

Genres d'analyse chimiques :

Il y a deux genres d'analyse chimique de la matière

1- **Analyse qualitative:** savoir la composition de la matière que ça soit un sel primaire ou un mélange de plusieurs matières.

2- **Analyse quantitative:** évaluer le taux de chaque composant des composants essentiels de la matière.

Il faut faire des opérations qualitatives au début pour connaitre les composants de la matière et choisir des méthodes convenables durant l'analyse.

L'analyse des anions et les cations des composés inorganiques

A) La mise en évidence des anions (radical acide):

1-Groupe d'anions de l'acide chlorhydrique dilué:

Anion	symbole	Le gaz produit et sa mise en évidence	Expérience confirmative
Carbonate	CO_3^{-2}	$Na_2CO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2\ NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$ Effervescence de dioxyde de carbone qui trouble l'eau de chaux. $CO_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)} \xrightarrow{\text{Courte durée}} CaCO_{3(s)} + H_2O_{(\ell)}$. pour une longue durée il se forme du bicarbonate de calcium et le p.p.t disparaît.	$Na_2CO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + MgCO_{3(s)}$ p.p.t blanc à froid soluble dans l'acide chlorhydrique. $MgCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$ **N.B:** Tous les carbonates des métaux sont insolubles dans l'eau sauf carbonate de sodium, de potassium et d'ammonium.
Bicarbonate	HCO_3^{-1}	$NaHCO_{3(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ Il se dégage le gaz dioxyde de carbone qui trouble l'eau de chaux. **N.B:** Tous les bicarbonates sont solubles dans l'eau.	$2NaHCO_{3(aq)} + MgSO_{4(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Mg(HCO_3)_{2(aq)}$ il se forme un p.p.t blanc après chauffage. $Mg(HCO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)}\downarrow + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$.
Sulfites	SO_3^{-2}	$Na_2SO_{3(s)} + 2\ HCl_{(aq)} \rightarrow 2\ NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)}$ Il se dégage le gaz dioxyde de soufre à odeur pénétrante se dégage et qui verdit un papier imbibé de bichromate de potassium acidifié par l'acide sulfurique. $K_2Cr_2O_{7(aq)} + 3SO_{2(g)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow K_2SO_{4(aq)} + Cr_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)}$	Solution du sel + solution de nitrate d'argent, il se forme un précipité blanc qui devient noir par chauffage. $Na_2SO_{3(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2\ NaNO_{3(aq)} + Ag_2SO_{3(s)}\downarrow$
Sulfure	S^{-2}	$Na_2S_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$ Il se dégage le gaz sulfure d'hydrogène à odeur désagréable et qui noircit un papier imbibé d'acétate de Plomb. $(CH_3COO)_2Pb_{(aq)} + H_2S_{(g)} \rightarrow 2CH_3COOH_{(aq)} + PbS_{(s)}$	Solution du sel + solution de nitrate d'argent, il se forme un précipité noir de sulfure d'argent. $Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}$

Thiosulfates	$(S_2O_3)^{-2}$	$Na_2S_2O_{3(s)} + 2\ HCl_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} + SO_{2(g)} + S_{(s)}$ Il se dégage le gaz dioxyde de soufre et il apparaît un p.p.t jaune de soufre.	**Solution du sel + Solution iodée → La couleur marron de l'iode disparaît** $Na_2S_2O_{3(aq)} + I_{2(aq)} \rightarrow Na_2S_4O_{6(aq)} + 2NaI_{(aq)}$ **le tétra-thionate de sodium**
Nitrites	$(NO_2)^{-1}$	$NaNO_{2(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + HNO_{2(aq)}$ $3HNO_{2(aq)} \rightarrow H_2O_{(\ell)} + HNO_{3(aq)} + 2NO_{(g)}$ Il se dégage le gaz oxyde nitrique incolore qui se transforme à l'ouverture du tube en marron rougeâtre $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)}$	*Solution du sel + Solution de permanganate de potassium acidifiée par l'acide sulfurique,la couleur violet disparaît. $5NaNO_{2(aq)} + 2KMnO_{4(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 5NaNO_{3(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + 3H_2O_{(\ell)}$

2-Groupe de l'acide sulfurique concentré :

Expérience principale :

Le sel solide + L'acide sulfurique concentré puis le chauffage s'il le faut.

Anion	Symbole	Expérience principale	Expérience confirmative
Chlorure	Cl^-	$2NaCl_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{Conc} Na_2\ SO_{4(aq)} + 2HCl_{(g)}$ forme des nuages blanches avec une barre en verre imbibée d'une solution ammoniacale. $HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$	$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$ un précipité blanc qui devient violet à la lumière du Soleil, soluble dans la solution ammoniacal
Bromure	Br^-	$2NaBr_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{Conc} Na_2SO_{4(aq)} + 2HBr_{(g)}$ HBr incolore qui s'oxyde partiellement sous l'action de l'acide sulfurique,il se sépare des vapeurs orange rougeâtre de brome qui jaunissent un papier imbibé d'une solution d'amidon. $2HBr_{(g)} + H_2SO_{4(g)} \xrightarrow{Conc} 2H_2O_{(\ell)} + Br_{2(v)} + SO_{2(g)}$	$NaBr_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)} + AgBr_{(s)}$ précipité blanc jaunâtre qui devient foncé à la lumière, peu soluble dans la solution ammoniacal

Iodure	I^-	$2KI_{(s)}+H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{Conc} K_2SO_{4(aq)}+2HI_{(g)}$ incolore qui s'oxyde partiellement sous l'action de l'acide sulfurique ,et en chauffant, il se sépare les vapeurs d'iode violettes qui bleuissent un papier imbibé d'une solution d'amidon. $2HI_{(s)}+H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{Conc} 2H_2O_{(l)}+I_{2(v)}+SO_{2(g)}$	$NaI_{(aq)}+AgNO_{3(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)}+AgI_{(s)}$ précipité jaune d'iodure d'argent insoluble dans la solution ammoniacal
Nitrate	$(NO_3)^{-1}$	$2NaNO_{3(aq)}+H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{Conc} Na_2SO_{4(aq)}+2HNO_{3(aq)}$ $4HNO_{3(aq)} \xrightarrow{\Delta} 4NO_{2(g)}+O_{2(g)}+2H_2O_{(\ell)}$ $4HNO_{3(aq)}+Cu_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{Conc} Cu(NO_3)_{2(aq)}+2NO_{2(g)}+2H_2O_{(\ell)}$	**Expérience de l'anneau brun:** il se forme un anneau brun à la surface de séparation entre l'acide et les solutions de la réaction et il disparaît par agitation ou par chauffage. $2NaNO_{3(aq)}+6FeSO_{4(aq)}+4H_2SO_{4(aq)} \xrightarrow{Conc} 3Fe_2(SO_4)_{3(aq)}+Na_2SO_{4(aq)}+4H_2O_{(\ell)}+2NO_{(g)}$ $FeSO_{4(aq)}+NO_{(g)} \rightarrow FeSO_4.NO_{(s)}$. Composé de l'anneau brun

3-Groupe de la solution de chlorure de baryum

Ce groupe renferme les anions :- Phosphates$(PO_4)^{3-}$ -sulfates $(SO_4)^{2-}$

Les anions de ce groupe ne réagissent ni avec l'acide HCl dilué ni avec l'acide H_2SO_4 concentré mais les solutions des sels de ces anions donnent des précipités avec la solution de chlorure de baryum $BaCl_2$.

Anion	Expérience principale	Expérience confirmative
Sulfate $(SO_4)^{-2}$	Solution du sel + solution de chlorure de baryum un précipité blanc insoluble dans l'acide chlorhydrique dilué. $BaCl_{2(aq)}+Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)}+BaSO_{4(s)}$	Solution du sel + solution d'acétate de plomb,il se forme un précipité blanc de sulfate de plomb. $(CH_3COO)_2Pb_{(aq)}+Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2\,CH_3COONa_{(aq)}+PbSO_{4(s)}$
Phosphate $(PO_4)^{-3}$	Solution du sel + Solution de chlorure de baryum,il se forme un précipité blanc de phosphate de baryum soluble dans l'acide chlorhydrique dilué. $3BaCl_{2(aq)}+2Na_3PO_{4(aq)} \rightarrow 6NaCl_{(aq)}+Ba_3(PO_4)_{2(s)}$	Solution du sel +Solution de nitrate d'argent,il se forme un précipité jaune de phosphate d'argent soluble dans la solution d'ammoniaque et dans l'acide nitrique. $Na_3PO_{4(aq)}+3AgNO_{3(aq)} \rightarrow 3NaNO_{3(aq)}+Ag_3PO_{4(s)}$

B) **Mise en évidence du radical Basique dans les sels primaires (simples)**:

1er groupe analytique renferme les cations Pb^{2+}, Hg^{+}, Ag^{+} sont précipités sous formes des chlorures en ajoutant l'indicateur du groupe l'acide chlorhydrique dilué.

2ème Groupe analytique

Les cations de ce groupe sont précipités sous forme de sulfures dans un milieu acide.

La mise en évidence de l'ion de cuivre (II)

Solution du sel de cuivre (II) +indicateur du groupe (H_2S+HCl), il se forme un précipité noir de sulfure de cuivre soluble dans l'acide nitrique chaud.

$$CuSO_{4(aq)}+H_2S_{(g)}\rightarrow H_2SO_{4(aq)}+CuS_{(s)}$$

3ème Groupe analytique

Les cations de ce groupe sont précipités sous forme d'hydroxydes en ajoutant une solution d'hydroxyde d'ammonium.

Les cations d'aluminium, le fer (II) et le fer (III)

L'expérience principale: Solution du sel + indicateur de ce groupe (solution d'hydroxyde d'ammonium)

Cation	Sa réaction avec l'indicateur du groupe	Expérience confirmative
Aluminium Al^{+3}	$Al_2(SO_4)_{3(aq)}+6NH_4OH_{(aq)}\rightarrow 3(NH_4)_2SO_{4(aq)}+2Al(OH)_{3(s)}$ Il se forme un précipité blanc gélatineux d'hydroxyde d'aluminium soluble dans les acides dilués et dans la solution de la soude caustique.	$Al_2(SO_4)_{3(aq)}+6NaOH_{(aq)}\rightarrow 3Na_2SO_{4(aq)}+2Al(OH)_{3(s)}\downarrow$ précipité blanc gélatineux d'hydroxyde d'aluminium soluble dans l'excès d'hydroxyde de sodium formant aluminate de sodium $Al(OH)_{3(s)}+NaOH_{(aq)}\rightarrow NaAlO_{2(aq)}+2H_2O_{(\ell)}$
Fer II Fe^{+2}	$FeSO_{4(aq)}+2NH_4OH_{(aq)}\rightarrow (NH_4)_2SO_{4(aq)}+Fe(OH)_{2(s)}\downarrow$ précipité blanc qui se transforme en blanc verdâtre en s'exposant à l'air et il est soluble dans les acides.	$FeSO_{4(aq)}+2NaOH_{(aq)}\rightarrow Na_2SO_{4(aq)}+Fe(OH)_{2(s)}\downarrow$ précipité blanc verdâtre d'hydroxyde de fer (II).
Fer III Fe^{+3}	$FeCl_{3(aq)}+3NH_4OH_{(aq)}\rightarrow 3NH_4Cl_{(aq)}+Fe(OH)_{3(s)}\downarrow$ précipité gélatineux de couleur marron rougeâtre soluble dans les acides.	$FeCl_{3(aq)}+3NaOH_{(aq)}\rightarrow 3NaCl_{(aq)}+Fe(OH)_{3(s)}\downarrow$ précipité marron rougeâtre d'hydroxyde de fer(III)

$5^{ème}$ Groupe analytique

Les cations de ce groupe sont précipités sous forme de carbonate insoluble en ajoutant une solution de carbonate d'ammonium,

L'expérience principale: Solution du sel + Indicateur de ce groupe [solution de carbonate d'ammonium$(NH_4)_2CO_3$].

Anion	Sa réaction l'indicateur du groupe	Expérience confirmative
Ca^{+2}	$CaCl_{2(aq)} + (NH_4)_2CO_{3(aq)} \rightarrow 2NH_4OH_{(aq)} + CaCO_{3(s)}\downarrow$ Il se forme un précipité blanc de carbonate de calcium soluble dans HCl dilué de même il est soluble dans l'eau contenant CO_2. $CaCO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)} \rightarrow Ca(HCO_3)_{2(aq)}$	1- $CaCl_{2(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2HCl_{(aq)} + CaSO_{4(s)}\downarrow$ un précipité blanc de sulfate de calcium. **2- Expérience sèche:** Les cations de Calcium sont volatils et colorent la flamme Bunsen en rouge brique

on utilise des indicateurs qui changent de couleur avec le changement du milieu des réactions.

Nom de l'indicateur	Dans le milieu acide	Dans le milieu basique	Dans le milieu neutre
Méthyle orange	Rouge	Jaune	Orange
Phénophtaléine	Incolore	Rouge clair	Incolore
Tournesol	Rouge	Bleue	violet
Bromo-phénol bleu	Jaune	Bleue	Vert

Les règles

$$\frac{M_a V_a}{N_a} = \frac{M_b V_b}{N_b}$$

Dans la réaction équilibrée

M_a : concentration de l'acide utilisé (mol/litre)

V_a : volume de l'acide utilisé dans le titrage (L)

N_a : nombre de moles de l'acide (utilisé dans l'équation de la Réaction)

Dans la réaction équilibrée

M_b : concentration de l'alcalin utilisé (mol/litre)

V_b: volume de la base utilisé dans le titrage (L)

N_b :nombre de moles de base (utilisé dans l'équation de la Réaction)

Méthode de vaporisation: Basée sur l'évaporation de l'élément ou du composé qu'on veut estimer.

Cette opération se fait soit par le recueille la matière vaporisée puis on détermine sa masse ou on détermine la diminution de la masse de la matière principal.

Méthode de precipitation: **Dépend** de la précipitation de l'élément ou du constituant qu'on veut estimer sous forme d'un composé pur peu soluble ayant une structure chimique connue et constante.

Le composé est séparé de la solution par filtration par des feuilles de filtrage qui ne forment pas du cendre puis dessécher dans un creuset par une combustion complète, les composants du papier filtre s'évaporent et reste le précipité .

Les concepts scientifique Chapitre (3)

L'équilibre chimique

1. **Système équilibré** :-

C'est un système au repos sur le plan visible et un système dynamique sur le plan invisible.

2. **Réactions irréversibles (Complètes**) Ce sont des réactions qui continuent dans un seul sens (sens direct)
3. **Réactions réversibles** :Ce sont des réactions qui continuent dans les deux sens direct et inverse ***car*** les réactifs et les produits de la réaction coexistent dans le domaine de la réaction.

Equilibre chimique dans les réactions réversibles :-

C'est un système dynamique qui a lieu lorsque la vitesse de la réaction directe égale la vitesse de la réaction inverse, tant que tous les réactifs et les produits sont présents dans le domaine de la réaction et que les conditions de la réaction (température, pression et concentration) demeurent constantes.

4. **Le taux de la réaction** :- C'est la quantité de variation de la concentration (mole/litre) des matières régissantes par unité de temps (minute ou seconde).

Les facteurs influençant la vitesse de la réaction :-

(1) La nature des corps réagissant. (2) La concentration des corps qui réagissent.
(3) La température de la réaction. (4) La pression.
(5) Les catalyseurs. (6) La lumière.

Guldberg et Waage :- La loi d'action de masse

A température constante. La vitesse de la réaction est directement proportionnelle au produit des concentration des réactifs a la puissance nombre de moles ou ions dans la réaction équilibrée ".

Pour calculer le constant d'équilibre Kc dans cette réaction équilibrée

$FeCl_3$ (aq) Jaune pâle + 3 NH_4SNC (aq) Incolore ⇌ 3 NH_4Cl (aq) Incolore + $Fe(SNC)_3$ (aq) rouge sanguin.

1 Mole 3 Moles 3 Moles 1 Mole

Si V1 = V2

$$\frac{k_1}{k_2} = K_c = \frac{[Fe(SCN)_3][NH_4Cl]^3}{[FeCl_3][NH_4SCN]^3}$$

K_1/K_2 est un constant Kc est connus sous le nom du constant d'équilibre

Energie d'activation :- C'est la plus petite quantité d'énergie que doit avoir une molécule pour q'elle réagisse par collision.

Molécules activées :- Ce sont les molécules ayant une énergie cinétique égale ou supérieure à l'énergie d'activation.

Le calcul de la pression partielle (K_p).

dans cette réaction équilibrée

$$N_{2\,(g)} + 3\,H_{2\,(g)} \underset{\text{Pression}\downarrow\text{ - }\Delta}{\overset{\text{Pression}\uparrow\text{ - Froid}}{\rightleftharpoons}} 2\,NH_{3\,(g)}\ ,\ \Delta H = -92KJ$$

$$K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2}).(P_{H_2})^3}$$

Kc et Kp ne change pas avec le changement des pressions partielles des gaz des réactifs et des produits a la même température et la pression totale de la réaction est la somme des pressions partielles des gaz

Le principe de Le Chatelier :-

"Toute variation d'un facteur (concentration, pression ou température) qui influe sur l'équilibre d'un système, fait réagir celui-ci dans le sens opposé à la variation."

Le catalyseur : Matières en petites quantités qui changent le taux de la réaction chimique (vitesse) sans subir un changement ou changer l'état d'équilibre.

L'équilibre ionique

Genre d'équilibre dans les solutions des électrolytes faibles qui a lieu entre les molécules non ionisées et les ions résultants.

Le tableau suivant montre les valeurs de la constante d'ionisation de quelques éléctrolytes faibles: (à lire).

Nom De L'acide	La Formule Molèculaire	La Constante D'ionisation
Acide sulfureux	H_2SO_3	$1,7 \times 10^{-2}$
Acide hydrofluorhydrique	HF	$6,7 \times 10^{-4}$
Acide nitreux	HNO_2	5.1×10^{-4}
Acide acétique (éthanoïque)	CH_3COOH	$1,8 \times 10^{-5}$
Acide carbonique	H_2CO_3	$4,4 \times 10^{-7}$
Acide borique	H_3BO_3	$5,8 \times 10^{-10}$

On ordonne les acides faibles par ordre décroissants selon sa force en fonction de sa constant d'ionisation(Ka)

1. Ionisation :- C'est la transformation des molécules non-ionisées en ions positifs (cation) et négatifs (anions).
2. Ionisation complète :- A lieu dans les électrolytes forts, quand toutes les molécules se transforment en ions.
3. Ionisation faible :- A lieu dans les électrolytes faibles, quand une très petites des molécules non-ionisées se transforment en ions.

Dans les électrolytes faibles. Une partie des molécules non-ionisée se transforment en ions.

L'équilibre ionique

Genre d'équilibre dans les solutions des électrolytes faibles qui a lieu entre les molécules non ionisées et les ions résultants.

La loi d'application de masse n'est pas appliquée sur les solutions d'électrolytes forts car ils sont complètement ionisées ,mais on l'applique sur les électrolytes faibles

Ostwald a trouvé une relation entre le degré de dissociation (d'ionisation = ∝) et le degré de dilution (concentration de la solution $^{mol}/_{L}$). d'après les lois

$$K_a = \alpha^2 \times C_a$$

$$\alpha^2 = \frac{K_a}{C_a}. \qquad \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_a}}.$$

$$\text{Le degré d'ionisation} = \frac{\textit{Nombre de mole dissociée}}{\textit{Nombre de moles totales avant la dissociation}}$$

La loi d'Ostwald "A une température constante, le degré d'ionisation (∝) augmente avec l'augmentation de la dilution pour que la valeur constante d'ionisation ($K_{éq}$) soit constante".

Calcul de la concentration de l'ion d'hydronium des acides faibles [H_3O^+]

$$\therefore [H_3O^+] = \sqrt{K_a \times C_a} \qquad \therefore K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C}$$

Calcul de la concentration de l'ion d'hydroxyle des bases faibles[OH^-]

$$\therefore [OH^-] = \sqrt{K_b \times C_b} \qquad \therefore K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b}$$

Le constant d'ionisation de l'eau : L'eau pure est un électrolyte faible, donc on peut appliquer la loi d'action de masse sur l'ionisation de l'eau

$K_{eau} = [H^+] . [OH^-] = 10^{-14}$.

Le produit ionique de l'eau $\{K_{eau} = [10^{-7}] . [10^{-7}] = 10^{-14}\ ^{mol}/_{l}\}$

C'est le produit des concentrations de l'ion hydrogène et de l'ion hydroxyle résultant de l'ionisation de l'eau. Il est égal à $10^{-14}\ ^{mol}/_{l}$.

L'eau a un effet neutre sur le tournesol

$$[10^{-7}] = [10^{-7}] = 10^{-7}.$$

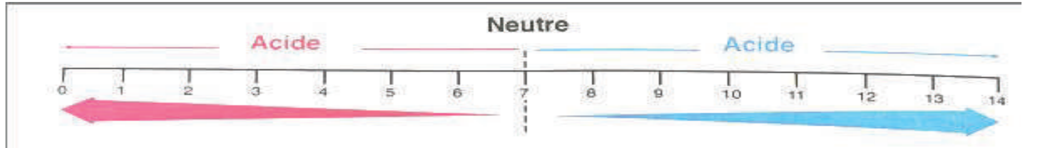
La puissance d'hydrogène (PH) :- C'est une façon d'exprimer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse. Par des nombres de 1 à 14

C'est le logarithme négatif de la base "10" de la concentration de l'ion hydrogène.

$\{PH = -\log [H_3O^+]\}$.

$$pH = -\log [H^+] \quad \& \quad pOH = -\log [OH^-]$$

$$pK_w = pH + pOH = 14$$



Le tableau suivant montre le ph de certaines matières connues :

La Matiére	pH
Solution Molaire HCl	0
Solution 0,1 Molaire HCl	1
Le Suc Gastrique	1,6 → 1,8
Le Jus De Citron	2,3
Le Vinaigre	2,9
Le Jus D'orange	3,5
Le Jus De raisin	4
Le Jus De Tomate	4,2
Le Café	5
L'eau De pluie	6,2
Le Lait	6,3 → 6,6
L'urine	5,5 → 7
L'eau Pure	7
La Salive	6,2 → 7,4
Le Sang	7,35 7,45
L'eau De Mer	8,4
Le Suc Biliaire	7,8 → 8,6
Une Solution Molaire D'ammoniaque	11
La Soude De Lessive	12
Une Solution 0.1 Molaire NaOH	13
Une Solution Molaire NaOH	14

L'hydrolyse des sels

Experience	Observation	Conclusion
1 - effet de la solution Na_2CO_3	Bleuit le tournesol rouge	La solution est basique
2 - effet de la solution NH_4CL	Rougit le tournesol bleu	La solution est acide
3 - effet de la solution CH_3COONH_4	Pas d'effet	La solution est neutre
4 - effet de NaCl	Pas d'effet	La solution est neutre

La

Les acides forts	Les bases fortes
Acide chlorhydrique HCl→ Cl^- chlorure	**Hydroxyde de potassium KOH→K^+**
Acide nitrique HNO_3 →NO_3^- nitrate	**Hydroxyde de Sodium NaOH→ Na^+**
Acide sulfurique H_2SO_4 → SO_4^{2-} sulfate	**Hydroxyde de Baryum $Ba(OH)_2$ →K^+**

1. dérivé d'un acide faible et une base forte carbonate de sodium

$$Na_2CO_{3\,(s)} \rightleftharpoons 2\,Na^+_{(aq)} + CO_3^-{}_{(aq)}$$

$$+ \quad 2\,H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons 2\,OH^-_{(aq)} + 2\,H^+_{(aq)}$$

$$Na_2CO_3 + 2\,H_2O \rightleftharpoons 2\,Na^+_{(aq)} + 2\,OH^-_{(aq)} + H_2CO_{3\,(aq)}$$

2. L'hydrolyse d'un sel dérivé d'un acide fort et d'une base faible chlorure d'ammonium. **NH_4Cl**

$$NH_4Cl_{(s)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$+ \quad H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons OH^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$NH_4Cl_{(s)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_4OH_{(aq)} + H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

L'hydrolyse d'un sel dérivé d'un acide faible et d'une base faible. l'acétate d'ammonium

$CH_3COONH_{4\,(s)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + CH_3COO^-{}_{(aq)}$

$+ \quad H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons OH^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)}$

$CH_3COONH_{4\,(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_4OH_{(aq)} + CH_3COOH_{(aq)}$

3. L'hydrolyse d'un sel dérivé d'un acide fort et d'une base faible le chlorure de sodium **NaCl**

$NaCl_{(s)} \rightarrow Na^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$

$+ \quad H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons OH_{(aq)}^- + H^+{}_{(aq)}$

$NaCl_{(s)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons Na^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$

On déduit que l'hydrolyse

C'est une opération contraire à celle de la neutralisation car durant la dissolution du sel dans l'eau,

il se produit l'acide et l'alcali desquels le sel est dérivé.

Le caractère acide ou basique de la solution dépend de la force de chacun d'eux.

Le produit de solubilité Ksp

C'est le cas d'un composé peu soluble dans l'eau dont le degré d'ionisation dans l'eau est très faible.

Ksp :C'est le produit de la concentration de ses ions en mol/l et qui s'équilibre avec sa solution saturée.

Le degré de dissolution:- C'est la concentration de la solution saturée par un sel peu soluble dans l'eau (mol/litre)à une température déterminée

Exemple la solubilité du nitrate de potassium KNO_3 dans l'eau = 31.6g/100g(H_2O) a 20^0c tandis que la solubilité du chlorure d'argent AgCl dans l'eau = 0.0016g/100g(H_2O) a la même température

$$PbBr_{2(aq)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}]\,[Br^-]^2$$

Les concepts scientifique Chapitre (4) L'électrochimie

La cellule galvanique pour deux éléments quelconques peut être représentée par un schéma comme indiqué ci-dessous :

La série des forces électromotrices

Potentiel de réduction standard (volt)	Potentiel d'oxydation standard (volt)	Demi-pile (demi-cellule) {demi-réaction}
- 3,045	3,045	$Li \underset{réduction}{\overset{oxydation}{\rightleftarrows}} Li^+ + 1\bar{e}$
- 2,924	2,924	$K \rightleftarrows K^+ + 1e^-$
- 2,711	2,711	$Na \rightleftarrows Na^+ + 1e^-$
- 2,375	2,375	$Mg \rightleftarrows Mg^{2+} + 2e^-$
- 1,670	1,670	$Al \rightleftarrows Al^{3+} + 3e^-$
- 1,029	1,029	$Mn \rightleftarrows Mn^{2+} + 2e^-$
- 0,762	0,762	$Zn \rightleftarrows Zn^{2+} + 2e^-$
- 0,740	0,740	$Cr \rightleftarrows Cr^{3+} + 3e^-$
- 0,557	0,557	$Cr \rightleftarrows Cr^{2+} + 2e^-$
- 0,410	0,410	$Cr^{2+} \rightleftarrows Cr^{3+} + 1e^-$
- 0,409	0,409	$Fe \rightleftarrows Fe^{2+} + 2e^-$
- 0,402	0,402	$Cd \rightleftarrows Cd^{2+} + 2e^-$
- 0,280	0,280	$Co \rightleftarrows Co^{2+} + 2e^-$
- 0,230	0,230	$Ni \rightleftarrows Ni^{2+} + 2e^-$
- 0,126	0,126	$Pb \rightleftarrows Pb^{2+} + 2e^-$
Zéro	Zéro	$H_2 \rightleftarrows 2H^+ + 2\bar{e}$
0,150	- 0,150	$Sn^{2+} \rightleftarrows Sn^{4+} + 2e^-$
0,340	- 0,340	$Cu \rightleftarrows Cu^{2+} + 2e^-$
0,401	- 0,401	$4OH^- \rightleftarrows 2H_2O + O_2 + 4e^-$
0,800	- 0,800	$Ag \rightleftarrows Ag^+ + 1e^-$
1,200	- 1,200	$Pt \rightleftarrows Pt^{2+} + 2e^-$
1,420	- 1,420	$Au \rightleftarrows Au^{3+} + 3e^-$

Le Calcul de la force électromotrice, f.é.m : (l'une des formules suivantes peut être utilisée)

1 - La f.é.m = potentiel d'oxydation de l'anode – Potentiel d'oxydation de la cathode
2 - La f.é.m = potentiel de réduction de la cathode – Potentiel réduction de l'anode.
3 - La f.é.m = potentiel d'oxydation de l'anode + Potentiel de réduction de la cathode

Les cellules galvaniques et la production de l'énergie électrique

1- Les cellules Primaires :A- Cellule a mercure

$$Zn^0_{(s)} + Hg^{2+}O_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}O_{(s)} + Hg^0_{(\ell)} \qquad E_{cell} = 1.35V$$

B- Cellules à carburant:- $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

La réaction de l'oxydation a l'anode :$2H_{2(g)} + 4\ OH^-_{(aq)} \rightarrow 4H_2O_{(l)} + 4\bar{e}$ "$E^0 = 0{,}83V$"

La réaction de réduction à la cathode :$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4\bar{e} \rightarrow 4\ OH^-_{(aq)}$ "$E^0 = 0{,}4V$"

La réaction bilan est: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$ "$E_{cell} = 1{,}23V$"

2-Les Cellules secondaires :-

A-Pile Acide en Plomb : 1.La réaction de décharge

a- **La réaction à l'anode:-**

$$Pb_{(s)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)} \rightarrow PbSO_{4\,(S)} + 2\ \bar{e}.$$

Le potentiel d'oxydation standard de cette réaction =0,36V

b- **La réaction à la cathode:-**

$$PbO_{2(S)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)} + 2\bar{e} \rightarrow PbSO_{4(S)} + 2H_2O_{(l)}.$$

Le potentiel de réduction standard de cette réaction =1,69V

En additionnant les deux réactions précédentes, la réaction bilan (complète) de l'accumulateur durant la décharge

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2\ SO_4^{-2}{}_{(aq)} \xrightarrow{\text{Décharge}} 2PbSO_{4(S)} + 2H_2O_{(l)}.$$

La force electromotrice de la cellule = 1,69 + 0,36 =2,05V

2. La réaction de la charge(la réaction bilan)

$$2PbSO_{4(S)} + 2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{La charge}} Pb_{(s)} + PbO_{2(S)} + 4H^+_{(aq)} + 2\ SO_4^{-2}{}_{(aq)}.$$

La réaction totale de la batterie : $Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + 2\ SO_4^{-2}{}_{(aq)} \underset{\text{chargement}}{\overset{\text{Décharge}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_{4(S)}\ 2H_2O_{(l)}$.

B- Batterie de l'ion de lithium:-

Les réactions ayant lieu lors du fonctionnement de la batterie:-

a- La réaction à l'anode(-): $LiC_{6(S)} \rightarrow C_{6\,(S)} + Li^+_{(aq)} + \bar{e}$.

b- La réaction à la cathode(+): $CoO_{2\,(S)} + Li^+_{(aq)} + \bar{e} \rightarrow LiCoO_{2\,(S)}$.

La réaction bilan: $LiC_{6(S)} + CoO_{2\,(S)} \underset{\text{Charge}}{\overset{\text{Décharge}}{\rightleftharpoons}} C_{6\,(S)} + LiCoO_{2\,(S)}$.

La force électromotrice de cette cellule "E_{cell}" = 3 V

La corrosion des métaux : la **rouille** du Fer

On peut interpréter la corrosion du fer et l'acier comme suit:-

L'anode est le morceau de Fer qui s'oxyde suivant l'équation

$$2Fe_{(s)} \rightarrow 2Fe^{2+}_{(aq)} + 4\bar{e}.$$

la cathode constitue les impuretés de carbone se trouvant dans le fer.le fer joue le rôle de l'anode dans le circuit externe

A la cathode: - L'oxygène de l'air est réduit en groupe hydroxyde (OH^-)

$$2\,H_2O_{(l)} + O_{2(g)} + 4\bar{e} \rightarrow 4\,OH^-_{(aq)}.$$

Les ions de fer(Fe^{2+})s'unissent avec les ions d'hydroxyde OH^-formant l'hydroxyde de fer II. $2Fe^{2+}_{(aq)} + 4\,OH^-_{(aq)} \rightarrow 2\,Fe(OH)_{2\,(s)}$.

L'hydroxyde de fer II est oxydé par l'intermédiaire de l'oxygène dissout dans l'eau en hydroxyde de fer III. $2\,Fe(OH)_{2\,(s)} + \frac{1}{2}\,O_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2\,Fe(OH)_{3\,(s)}$.

Par addition des équations précédente, on obtient l'équation bilan de la réaction de la cellule de corrosion de fer. $2\,Fe_{(s)} + 3\,H_2O_{(l)} + \frac{3}{2}\,O_{2\,(g)} \rightarrow 2\,Fe(OH)_{3\,(s)}$.

La rouille est une opération lente car l'eau renferme des quantités limitées d'ions et la rouille est accélérée si l'eau renferme des quantités plus grandes d'ions comme le cas de l'eau de mer

Quelques moyens pour protéger le fer de la rouille en le couvrant par une autre matière pour l'isoler du milieu ambiant

1- **La protection cathodique (l'enveloppe cathodique)** Recouvrir le métal par un autre moins actif
2- **La protection anodique (l'enveloppe anodique)** Recouvrir le métal par un autre plus actif

Les cellules électrolytiques

L'électrolyse:- C'est l'analyse chimique d'une solution électrolytique sous l'action du passage du courant électrique.

Les lois de Faraday pour l'électrolyse

1ère loi de Faraday

La masse de la matière formée ou consommée à n'importe quelle électrode, soit gazeuse soit solide, est directement proportionnelle à la quantité d'électricité traversant l'électrolyte soit en solution soit en fusion.

2ème loi de Faraday

Les masses des différentes matières formées ou consommées lors du passage d'une même quantité d'électricité sont directement proportionnelles à leurs masses équivalentes.

$$\frac{\text{Masse du premier élément}}{\text{Masse du deuxième élément}} = \frac{\text{La masse équivalente du premier élément}}{\text{La masse équivalente du deuxième élément}}$$

masse équivalente en gramme (l'équivalent gramme):-

C'est la masse de la matière qui a le pouvoir de perdre ou de gagner une mole d'électrons au cours de la réaction chimique.

$$\text{L'équivalent gramme} = \frac{\text{La masse atomique grammique}}{\text{Nombre de charges de l'ion de l'élément (Z)}}$$

Quantité du courant (Coulomb) = Intensité du courant (Ampère) x Temps en Seconde

1 Coul = 1 Amp x 1 S

Faraday : **Lors du passage d'une** quantité d'électricité 1Coulomb dans une solution contenant des ions argent il se dépose 1,118mg d'argent.(0,001118g)

La loi générale de l'électrolyse

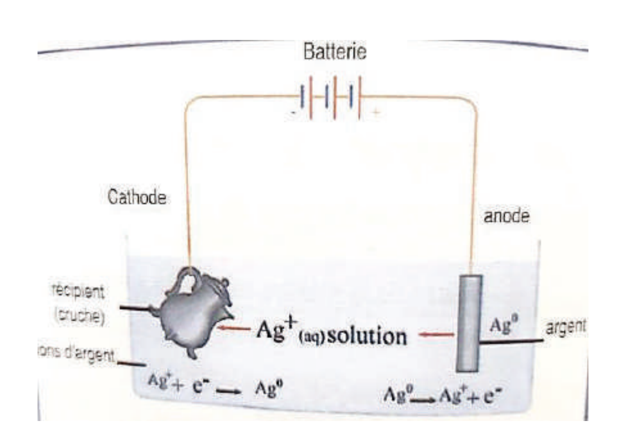
En faisant passer une quantité d'électricité égale à "1Faraday" (1 F = 96500Coul) à travers un électrolyte, il se dépose ou se dissout ou se libère l'équivalent gramme de cette matière sur l'une des électrodes.

Généralement, la masse de la matière déposée est calculée par la relation suivante:-

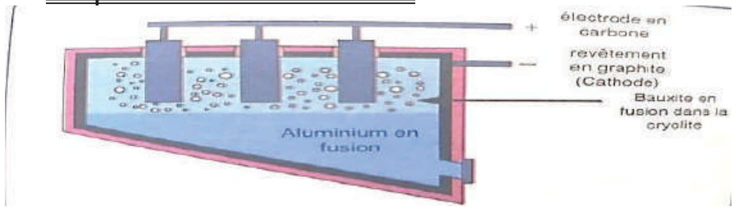
$$\text{La masse de la matière déposée (en gramme)} = \frac{\text{Intensité de courant (Amp)} \times \text{Temps (S)} \times \text{Equivalent gram}}{96500}$$

Applications de l'électrolyse

1-La Galvanoplastie



2- Préparation de l'aluminium



Dans cette cellule, la cathode est le corps du récipient de la cellule, elle est fabriquée en fer tapissé d'une couche de carbone (graphite) tandis que l'anode est formée de cylindres en carbone (graphite).

Durant le passage du courant électrique entre les deux pôles de la cellule, il s'accomplit une réaction d'oxydoréduction : - Les réactions qui se font dans la cellule

$Al_2O_3 \longrightarrow 2Al^{3+} + 3O^{2-}$ lors du passage d'un courant électrique, Les ions se dirigent vers les pôles contraires

A la cathode: $2Al^{3+}_{(aq)} + 6\,\bar{e} \xrightarrow{Réduction} 2Al_{(s)}$

A l'anode: $3O^{2-}_{(aq)} \xrightarrow{Oxydation} \frac{3}{2}O_{2(g)} + 6\,\bar{e}$

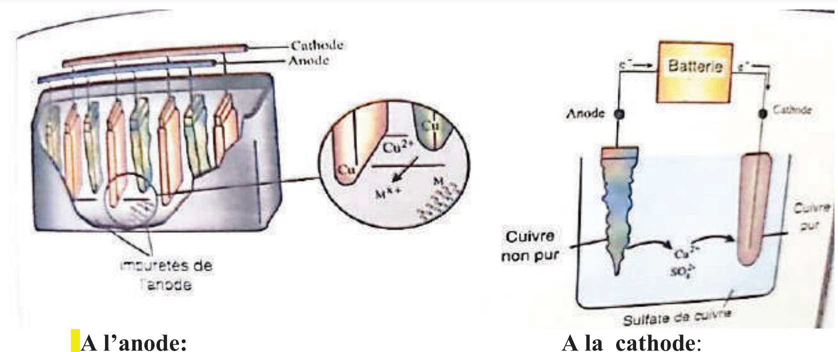
La reaction totale:- $2Al^{3+}_{(aq)} + 3O^{2-}_{(aq)} \rightarrow 2Al_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)}$.

L'oxygène dégagé, réagit avec les électrodes en carbone formant les gaz:- monoxyde et dioxyde de carbone. $\frac{3}{2}O_{2(g)} + 2C_{(s)} \rightarrow CO_{(g)} + CO_{2(g)}$

L'aluminium sort d'une ouverture spéciale

3- Affinage des métaux

Ces ions restent dans la solution, tandis que les impuretés d'argent et d'or tombent dans l'anode



A l'anode:

Les impuretés:

$Zn^{0}_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

$Fe^{0}_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$

A la cathode:

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$

Les concepts scientifique Chapitre (5)

Théorie de la force vitale de Berzelius

Il a supposé que les matières organiques se forment dans les cellules des êtres vivants par l'intermédiaire des forces vitales et on ne peut pas les préparer aux laboratoires.

En 1828, le savant « **Wöhler** » a pu préparer l'urée (composé organique formé dans l'urine) au laboratoire en chauffant les solutions aqueuses des deux composés inorganiques "chlorure d'ammonium" et "cyanate d'argent".

$NH_4Cl_{(aq)} + AgCNO_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + NH_4CNO_{(aq)}$

"Cyanate d'ammonium" $\xrightarrow{\Delta}$ Urée

$NH_4CNO_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} H_2N\text{-}CO\text{-}NH_{2\,(s)}\{CO(NH_2)_2\}$

(Structure : H₂N–C(=O)–NH₂)

Comparer :-

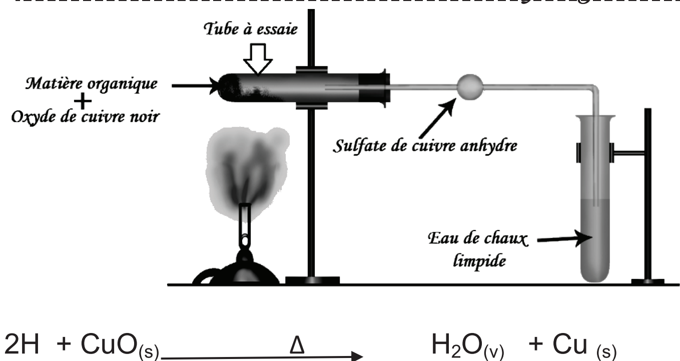
Point de comparaison	*Composés organiques*	*Composés inorganiques*
1- La structure chimique	La présence de l'élément carbone est essentielle.	La présence d'autres éléments que le carbone.
2- La solubilité	La plupart sont insolubles dans les solvants polaires comme l'eau mais soluble dans les solvants organiques non-polaires comme le benzène.	La plupart sont insolubles dans les solvants polaires comme l'eau.
3- Le point de fusion	Bas	Élevé
4- Le point d'ébullition	Bas	Élevé
5- L'odeur	La plupart ont une odeur Caractéristique.	La plupart sont inodore.
6- L'inflammation	S'enflamment et produisent CO_2 et H_2O.	La plupart ne s'enflamment pas et quelques-uns s'enflamment produisant des gaz autres que CO_2 et H_2O.
7- Les genres de liaisons dans la molécule	Covalentes	Le plus souvent, les liaisons sont ioniques.
8- La conductibilité électrique	Matières non-électrolytiques mauvaises conductrices d'électricité.	Matières électrolytiques qui conduisent le courant électrique.
9- La vitesse de la réaction	Lente car elle a lieu entre les molécules.	Rapide car elle a lieu entre les ions.
10- La polymérisation	Capable de former des polymères	Le plus souvent, n'existe pas.
11- L'isomérie	Existe entre plusieurs composés.	N'existe pas.

Formule moléculaire : C'est une formule qui représente seulement le genre et le nombre d'atomes des éléments dans le composé mais ne montre pas comment les atomes sont liés ensemble.

Formule structurale : C'est une formule qui indique le genre et le nombre d'atomes de chaque élément dans la molécule et illustre l'arrangement des atomes de la molécule par des liaisons covalentes.

L'isomérie : Composés organiques ayant même formule moléculaire mais des formules développées différentes et des propriétés chimiques et physiques différentes.

La mise en évidence du carbone et de l'hydrogène dans les composés organiques

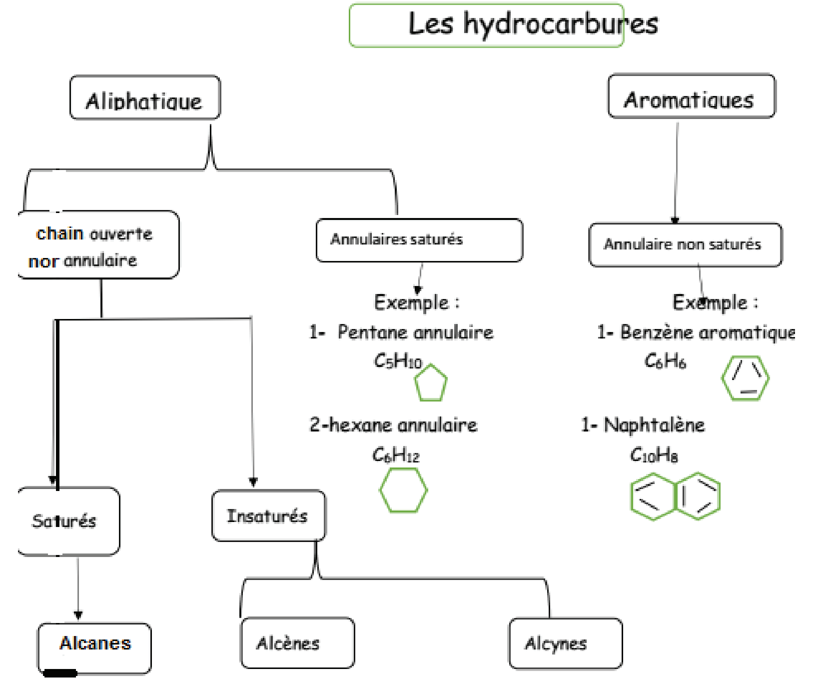


$$2H + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} H_2O_{(v)} + Cu_{(s)}$$

$$2H + CuO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} H_2O_{(v)} + Cu_{(s)}$$

Les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des composés organiques qui renferment uniquement du carbone et de l'hydrogène



Les atomes de carbones se lient par des liaisons covalentes simples (Paraffines)

Formule générale

C_nH_{2n+2}

Méthane CH_4

Ethane C_2H_6

Les atomes de carbones se lient par des liaisons covalentes doubles (Oléfines)

C_nH_{2n}

éthène C_2H_4

Propène C_3H_6

Les atomes de carbones se lient par des liaisons covalentes triples (acétylènes)

C_nH_{2n-2}

éthyne C_2H_2

propyne C_3H_4

Série homologue :- Un groupe de composés qui ont une loi moléculaire générale et qui se ressemblent dans leurs propriétés chimiques avec une dégradation dans leurs propriétés physiques.

Le radical alkyle (R) est un regroupement d'atomes qui ne se trouve pas à l'état libre, ils sont des dérivés des alcanes après l'arrachement d'un atome d'hydrogène.

$R-H \xrightarrow{-H}$	(R)	Exemples
Alcane C_nH_{2n+2}	Alkyle C_nH_{2n+1}	
Méthane CH_4	méthyle (CH_3)	Chlorure de méthyle CH_3Cl

La nomenclature des alcanes par le système de l'I.U.P.A.C

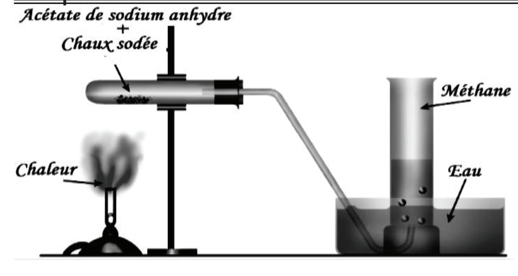
1- Détermine la chaîne carbonée continue la plus longue (qu'elle soit droite ou ramifiée) et à partir de là détermine le nom de l'alcane.
2- Numérotation des atomes de carbone ;
(a) Si la chaîne carbonée la plus longue n'est pas ramifiée, les atomes de carbone sont numérotés à partir de chaque extrémité de la chaîne
Chaîne gauche ou droite.
b - Si la chaîne carbonée la plus longue est attachée à un groupe alkyle ou à tout autre atome, la numérotation des chaînes commence par le Carbone de l'extrémité la plus proche du lieu de supplication - et le nom commence par le numéro de l'atome de carbone d'où sort la branche, avec une virgule (,) entre chaque deux nombres et une ligne courte (-) entre le nombre et le nom - puis le nom de la branche - et se termine par le nom de l'alcane.

```
      3   4    5    6                  5    4    3    2   1
CH3-CH-CH2-CH2-CH3              CH3-CH2-CH2-CH-CH3
    |                                          |
  2 CH2                                        CH3
    |
  1 CH3
```

3-méthyle hexane   2-méthyle pentane

3- Si le sous-groupe se répète dans la chaîne carbonée, les préfixes sont binaires, triples ou quadruples pour indiquer le nombre de répétitions.
4- Si la mamelle est un atome d'halogène, comme le chlore, le brome, ou un groupement (X-), alors écrivez son nom se terminant par la lettre (et), ainsi on le dit chloro, bromo ou nitro.
5- Si les branches sont différentes (le groupe alkyle et les halogènes par exemple), elles sont rangées par ordre alphabétique
Pour leurs noms latins, après la numérotation se fait du côté qui donne à toutes les branches la somme la plus faible possible.

Préparation au labo du méthane "**Distillation sèche**"



$$CH_3COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_{4(g)} + Na_2CO_{3(s)}$$

Propriétés chimiques

1- combustion :- Réaction exothermique

$CH_{4(g)} + 2\ O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2\ H_2O_{(v)}$ + Energie

2- La réaction avec les halogènes "Halogénation" U.V /400^{0}c

$$CH_{4(g)} + Cl_{2\ (g)} \xrightarrow{U.V} CH_3Cl_{(g)} + HCl_{\ (g)}$$

Chloro méthane = chlorure de méthyle

$$CH_3Cl_{\ (g)} + Cl_{2\ (g)} \xrightarrow{U.V} CH_2Cl_{2\ (g)} + H\ Cl_{(g)}$$

Dichloro méthane = Chlorure de méthylène

$$CH_2Cl_{2(g)} + Cl_{2\ (g)} \xrightarrow{U.V} CHCl_{3(g)} + HCl_{(g)}$$

Trichloro méthane = chloroforme

$$CHCl_{3(g)} + Cl_{2\ (g)} \xrightarrow{U.V} CCl_{4(l)} + HCl_{(g)}$$

Tétrachlorure méthane

L'usage des dérivés halogénés des alcanes :-

1- Le chloroforme a été utilisé longtemps comme anesthésique, on utilise maintenant L'halothane = 2- bromo, 2- chloro, 1,1,1 trifluoro éthane :-

2-Le 1,1,1 trichloro éthane est utilisé dans le nettoyage sec.

3- Les fréons :-Les fréons sont des dérivés halogénés des alcanes utilisés :-

1- Dans les réfrigérants et les climatiseurs.

2- Comme matière qui pousse les liquides et les odeurs.

3- Comme détergents pour les appareils électroniques. Exemple : CF_4

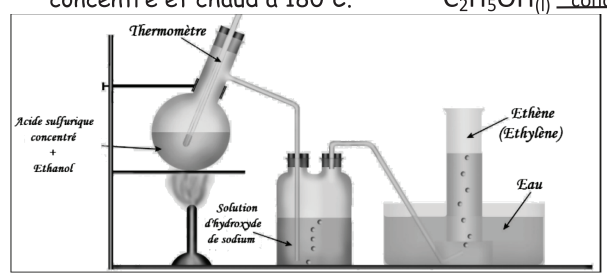
4- Le craquage thermique catalytique :-

$$C_8H_{18(l)} \xrightarrow[Catalyseur]{\Delta - Pression} C_4H_{8(g)} + C_4\ H_{10(g)}$$

La série homologue des alcènes = les oléfines

Préparation de l'éthylène au labo:-

Réaction d'arrachement d'une molécule d'eau de l'alcool éthylique en utilisant l'acide sulfurique concentré et chaud à 180°C. $C_2H_5OH_{(l)} \xrightarrow{\text{conc. } (H_2SO_4) \text{ at } 180^\circ C} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$



$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\boxed{+\quad OH}\,OSO_3 \xrightarrow{80^\circ C} H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OSO_3H \quad +$$

Sulfate hydrogène d'éthyle

$$\boxed{H}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\boxed{OSO_3H} \xrightarrow{180^\circ C} C_2H_4 + H_2SO_4$$

Propriétés chimiques :-

1- La combustion :- $C_2H_{4(g)} + 3\,O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2\,CO_{2(g)} + 2\,H_2O_{(v)}$ + Energie

2- Les réactions d'addition :- . hydrogénation

(a) L'addition de l'hydrogène :-

$CH_2{=}CH_{2(g)} + H_{2(g)} \xrightarrow{\text{Pt ou Ni } 150 \text{ à } 300^\circ C} CH_3{-}CH_{3(g)}$

(b) L'addition des halogènes :- halogénation

$$CH_2 = CH_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} H-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-H$$ (1,2 dibromoethane)

(c) L'addition des halogénures d'hydrogène :-

Alcène symétrique : $CH_2 = CH_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} H-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-H$ (1,2 dibromoethane)

Alcène Asymétrique

$$H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H + HBr \longrightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$$

propene 2 - bromopropane (A)

Règle de Markownikoff :-

En ajoutant un réactif asymétrique ($H^+ X^-$ ou $H^+ –OS\bar{O}_3H$) a un alcène asymétrique, la partie positive du réactif s'ajoute à l'atome de carbone qui possède le plus grand nombre d'atomes d'hydrogène et la partie négative s'ajoute à l'atome de carbone qui possède le plus petit nombre d'atomes d'hydrogène.

(d) L'addition de l'eau en présence de l'acide sulfurique concentré et chaud :-

Hydratation catalytique

Réaction d'addition:-

$$H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-H_{(g)} + H\text{-}OSO_3H_{(\ell)} \xrightarrow[80^0C]{\Delta} H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{OSO_3H}{\overset{H}{C}}-H_{(\ell)}$$

Sulfate hydrogène d'éthyle

Hydrolyse: -

$$CH_3-CH_2-OSO_3H_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[110^0C]{\Delta} CH_3CH_2OH_{(\ell)} + H_2SO_{4(aq)}$$

Réaction bilan :-

$$CH_2 = CH_{2(g)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_3-CH_2-OH_{(\ell)}$$ {Alcool éthylique ou éthanol}

3- L'oxydation :-Réaction de Baeyer:-

$$H-\overset{H}{C}=\overset{H}{C}-H + H_2O + [O] \xrightarrow[\text{Milieu alcalin}]{KMnO_4} H-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-H$$

4- *La polymérisation* des alcènes : -

a-Par addition

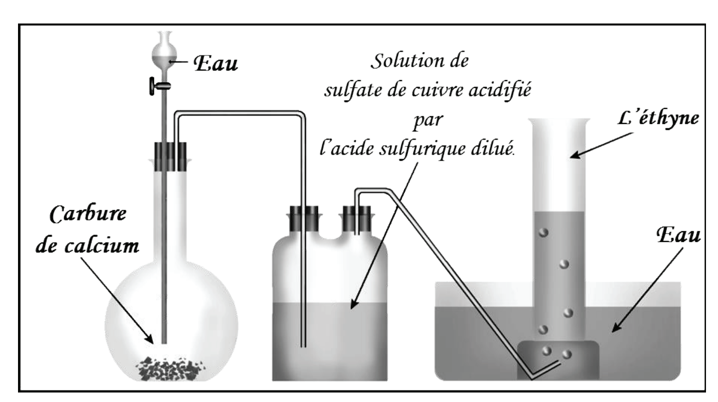
Monomère	Polymère	Nom commercial	Propriétés	L'usage
Ethène $CH_2=CH_2$	*Polyéthène* $-[CH_2-CH_2]_n-$	Polyéthylène PE	Mou Et résistant aux matières chimiques.	➢ Des lames et des sacs en plastiques. ➢ Les bouteilles en plastiques.
Propène $CH_3-CH=CH_2$	*Polypropène* $-[CH(CH_3)-CH_2]_n-$	Polypropylène (PP)	Fort Et dur	➢Les tapis. ➢Les nappes. ➢Les boites de conserve.
Chloroéthène **(Chlorure de vinyle)** $CH_2=CHCl$	*Polychloroéthène* $-[CH_2-CHCl]_n-$	Chlorure de polyvinyle (PVC)	Mou et Fort.	➢ Les tuyaux sanitaires hygiéniques. ➢ Les tuyaux d'irrigation. ➢ Les chaussures. ➢ Les isolants des parterres. ➢ Les bouteilles et les récipients d'huiles minérales.
Tétrafluoro éthène $CF_2=CF_2$	*Polytétrafluoro éthène* $-[CF_2-CF_2]_n-$	Téflon	★Supporte la chaleur ★Ne se colle pas ★Isolant de l'électricité ★Inerte	➢ Revêtement des ustensiles de cuisine. ➢ Les fils de chirurgie.

b-La polymérisation par condensation :-

C'est par la condensation de 2 monomères différents, leur union à lieu par la perte d'une molécule simple comme l'eau. Il se forme un polymère commun "copolymère" considéré comme la $1^{ère}$ unité qui continue la polymérisation entre ses molécules.

Les alcynes = les acétylènes

Préparation au labo :-



$$\underset{\text{(s)}}{\text{Ca}(C\equiv C)}\ (CaC_2) + 2\,H-OH_{(\ell)} \rightarrow H-C\equiv C-H_{(g)}\ (C_2H_2) + Ca(OH)_{2(aq)}$$

Préparation à l'industrie: -

$$2\,CH_{4\,(g)} \xrightarrow[\text{Refroidissement rapide}]{1500^0 C} C_2H_{2(g)} + 3\,H_{2(g)}.$$

Les propriétés de l'éthyne

1- La combustion :-

$$2\,C_2H_{2(g)} + 3\,O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 2\,CO_{2(g)} + 2\,H_2O_{(\ell)} + 2\,C_{(s)}\ \text{Fumée noire}$$

$$2\,C_2H_{2(g)} + 5\,O_{2\ \text{pure}\ (g)} \xrightarrow{\Delta} 4\,CO_{2(g)} + 2\,H_2O_{(v)} + \text{chaleur}$$

2- Les réactions d'addition :-

a. L'hydrogénation :-

$$H-C\equiv C-H \xrightarrow[\text{Ni subdivisée}]{+H_2} H_2C=CH_2 \xrightarrow[\text{Ni subdivisée}]{+H_2} H_3C-CH_3$$

Ethyne — Ethène — Ethane

b. L'halogénation :-

$C_2H_{2(g)}$ + Br_2 → $C_2H_2Br_2$ —+Br_2→ $C_2H_2Br_4$

c. :

H - C ≡ C - H —+ HBr→ $H_2C=CHBr$ —+ HBr→ CH_3-CHBr_2

Ethyne — Bromo Ethène (Bromure de vinyl) — 1,1- Dibromo Ethane

d. L'addition de l'eau L'hydratation catalytique :-

H - C ≡ C —($HgSO_4$ 60°C, H_2SO_4 40%)→ $H_2C=CH-OH$ → $CH_3-CH(OH)_2$ —(- H_2O)→ CH_3-CHO

Alcool vinylique instable — Acétaldéhyde (éthanal)

L'importance de l'hydratation catalytique:-

1- Produire l'acétaldéhyde qui s'oxyde en acide éthanoïque.

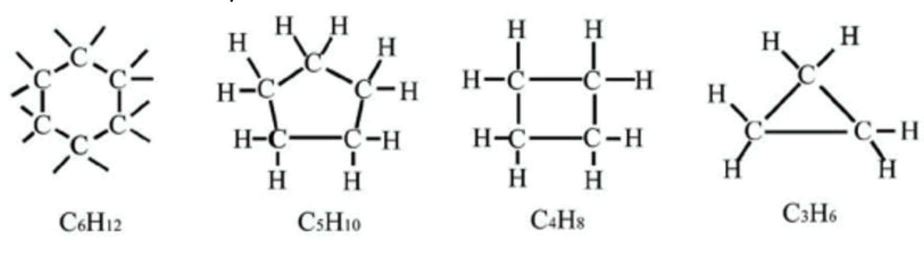
CH_3-CHO —([O], $KMnO_4$ acidifié)→ CH_3-COOH Acide acétique (Acide éthanoïque)

2- Produire l'acétaldéhyde qui se réduit en alcool éthylique (éthanol).

$CH_3CHO_{(\ell)}$ —(2 H, Réduction)→ $CH_3CH_2OH_{(\ell)}$.

Les hydrocarbures annulaires

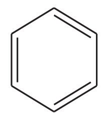
Anneaux saturés {Cycloalcanes}:- C_nH_{2n}

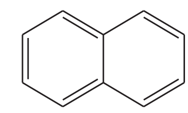


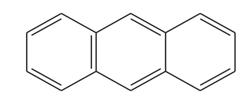
Cyclohexane Cyclopentane Cyclobutane Cyclopropane

Les hydrocarbures annulaires saturées Aromatiques

1-benzène Aromatique **2-Naphthalène** **3-anthracène**







Préparation du benzène :-

1- A partir du goudron de la houille

2- A partir des dérivés pétroliers aliphatiques :-

(a) Par polymérisation de l'acétylène :-

$$3C_2H_{2(g)} \xrightarrow[\text{chauffe au rouge}]{\text{Tube en nickel}} C_6H_{6(\ell)}$$

(b) Par reformation catalytique de l'hexane normale :-

$$CH_3(CH_2)CH_{3(g)} \xrightarrow{\text{Chaleur / platine (catalyseur)}} C_6H_{6(\ell)} + 4H_{2(g)}$$

3- A partir du phénol par réduction :-

$$C_6H_5OH_{(s)} + Zn_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{\text{Réduction}} C_6H_{6(\ell)} + ZnO_{(s)}.$$

Préparation au labo :- par **distillation sèche**

$$C_6H_5COONa_{(s)} + NaOH_{(s)} \xrightarrow[\Delta]{CaO} C_6H_{6(\ell)} + Na_2CO_{3(s)}$$

La nomenclature des dérivés du benzène :-

Le benzène di substitué peut être représenté par trois isomères qui sont : ortho (o-), méta (m-) et para (p-).
Le produit dépend de la nature du groupe substituant que l'on trouve principalement.
Certains groupes dirigent le nouveau substituant vers les positions ortho et para et d'autres directement vers la position méta.
Parmi les groupes dirigés vers les positions ortho et para, on trouve le groupe alkyle (-R), le groupe hydroxyle (-OH), les groupes amino ($-NH_2$) et les atomes d'halogène (X-)
Parmi les méta-groupes directeurs se trouvent le groupe aldéhydique (-CHO), le groupe cétonique
(-CO), groupe carboxylique (-COOH) et groupe Nitro ($-NO_2$).

Propriétés chimiques :-

1- Réactions d'addition :-

(a) Hydrogénation :-

$$C_6H_6 + 3\ H_2 \xrightarrow[\text{pression}]{\text{Chaleur -}} C_6H_{12}$$

(Hexane annulaire)

Halogénation en présence de la lumière solaire :-**{Chlore et brome}**

$$C_6H_{6(\ell)} + 3\ Cl_{2(g)} \xrightarrow{UV} C_6H_6Cl_{6(\ell)}$$

Cl, Cl, Cl, Cl, Cl, Cl

Hexa chloro hexane (gamaxène)

2-Réactions de substitution :-

(a) Halogénation en absence de la lumière solaire **:-**

$$C_6H_{6(\ell)} + Cl_{2\,(g)} \xrightarrow[U.V]{Fe\ Cl_3} C_6H_5Cl_{(\ell)} + HCl_{(g)}$$

Cl

Chloro benzène

(b) Alkylation :-« Réaction de Friedel Kraft »

$$C_6H_{6(\ell)} + CH_3Cl_{(g)} \xrightarrow[\text{Anhydre}]{AlCl_3} C_6H_5CH_{3(\ell)} + HCl_{(g)}$$

CH_3

Toluène

(Méthyle benzène)

(c) Nitration :-

$$C_6H_6 + HNO_{3\ \text{Conc}\ (\ell)} \xrightarrow[50°C]{H_2SO_{4\ \text{Conc}}} C_6H_5NO_2 + H_2O_{(V)}$$

NO_2

$$C_6H_5.H + HO-NO_2 \xrightarrow[50°C]{H_2SO_{4\ \text{Conc}}} C_6H_5\ NO_2 + H_2O$$

$$C_6H_5CH_3{}_{(\ell)} + 3\ HNO_{3\ Conc\ (\ell)} \xrightarrow[Conc]{3\ H_2SO_4} \text{2,4,6 trinitrotoluène}_{(s)} + 3\ H_2O_{(V)}$$

Toluène (Méthyle benzène)

2,4,6 trinitrotoluène

(d) Sulfonation :-

$$C_6H_6 + H_2SO_4 \longrightarrow C_6H_5SO_3H + H_2O$$

Benzène de l'acide benzénique

Les détergents artificiels

Composés aromatiques de l'acide sulfonique + Soude caustique ⟶ Sel sodique soluble dans l'eau

$$R-C_6H_4-SO_3H + NaOH \longrightarrow R-C_6H_4-SO_3Na + H_2O$$

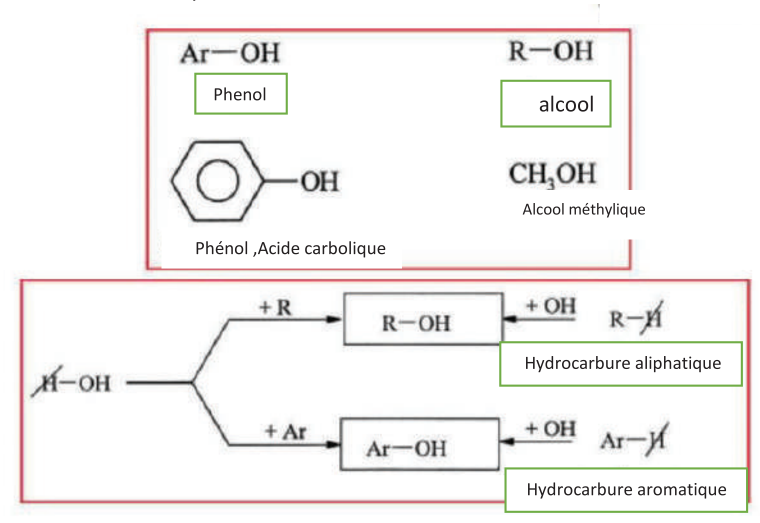
Alkyle benzène de l'acide sulfonique — Sel sodique de l'alkyle de l'acide sulfonique

lorsque le détergent se dissout dans l'eau, ses molécules s'arrachent de sorte que :-

a. La queue hydrophobe (non-polaire) de chaque molécule se dirige du côté des impuretés (non-polaires) et se colle aux tissus.
b. La tête hydrophile (polaire) se dirige vers l'eau (polaire).

	Formule Générale	Le groupe fonctionnelle	exemple
Alcools	$R-OH$	hydroxyle $-OH$	Alcool Méthylique CH_3OH
Phénols	$Ar-OH$	hydroxyle $-OH$	Phénol C_6H_5OH
Ethers	$R-O-R$	Ether $-O-$	Diméthyle éther CH_3-O-CH_3
Aldéhydes	$R-CHO$	Formyle $-\overset{H}{\overset{\vert}{C}}=O$	Acétaldéhyde CH_3-CHO
Cétones	$R-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-R$	Carbonyle $-C=O$	Acétone $CH_3-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-CH_3$
acides Carboxylique	$R-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-OH$	Carboxylique $-COOH$	Acide Acétique CH_3COOH
Esters	$R-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-OR$	Ester $-COOR$	ester acétate d'Ethyle $CH_3COOC_2H_5$
Amines	$R-NH_2$	Amino $-NH_2$	Ethyle amine $C_2H_5NH_2$

Les Alcools et les phénols



Nomenclature des Alcools

Il existe deux façons de nommer les alcools :

A- Nomenclature selon le groupement alkyle (nomenclature commune) :

Et ils sont appelés alcools selon le groupe axyle, précédé du mot alcool, comme l'alcool méthylique CH_3OH et l'alcool éthylique C_2H_5-OH

b- Nomenclature selon le système IUPAC

Le nom alcool est dérivé de l'alcane correspondant (contenant le même nombre d'atomes de carbone) puis la terminaison (ol) est ajoutée sous forme de CH_3OH méthanol C_2H_5OH éthanol. Lors de la dénomination, la chaîne carbonée doit être numérotée à partir de l'extrémité proche du groupe hydroxyle

L'un des nomenclatures commerciales Iso sur le dérivé alkyle

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$ $\qquad$ $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-OH$

Alcool propylique — Ou 1-propanol

Alcool isopropylique — ou 2- propanol

Classification des alcools d'après le nombre de groupe hydroxyle contenu dans la molécule.

Mono hydroxylés	Di hydroxylés	Tri hydroxylés	Poly hydroxylés
Méthanol CH_3OH	Ethylène glycol CH_2-CH_2 | | OH OH 1,2-di hydroxy Ethane	Glycérol CH_2- CH -CH_2 | | | OH OH OH 1,2,3-Tri hydroxy Propane	Sorbitol CH_2- $(CHOH)_4$- CH_2 | | OH OH

Classification des alcools Mono hydroxylés

Alcool primaire	Alcool secondaire	Alcool tertiaire
Le groupe **carbynol** est lié à "1" seul groupe alkyle et à "2" atomes d'hydrogène sauf le méthanol.	Le groupe **carbynol** est lié à "2" groupes alkyles et à "1" seul atome d'hydrogène.	Le groupe **carbynol** est lié à "3" groupes alkyles seulement.
$R-\underset{H}{\overset{H}{C}}-OH$	$R-\underset{H}{\overset{R}{C}}-OH$	$R-\underset{R}{\overset{R}{C}}-OH$

Alcool primaire "mono" hydroxylé

Ex :- L'éthanol {L'alcool éthylique} C_2H_5OH

Préparation à l'industrie :

Sucrose *Glucose* *Fructose*

$$C_{12}H_{22}O_{11\,(s)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{Hydrolyse\ "H^+"} C_6H_{12}O_{6\,(aq)} + C_6H_{12}O_{6\,(aq)}$$

$$C_6H_{12}O_{6\,(aq)} \xrightarrow{Levure\ de\ bière (Enzyme\ zymase)} 2\ C_2H_5OH_{(aq)} + 2\ CO_{2\,(g)}$$

Par hydratation catalytique de l'éthylène (l'éthène) :-

$$\underset{\text{à longue chaine}}{Produits\ pétroliers} \xrightarrow{Craquage} \underset{Ethylène}{CH_2=CH_{2\,(g)}} + H_2O_{(l)} \xrightarrow[110^0 C]{H_2SO_4\ ou\ H_3PO_4} C_2H_5OH_{(v)}$$

L'**éthylène** est le seul alcène qui forme un **alcool primaire**, mais le reste des alcènes forment des alcools secondaires ou tertiaires (règle de Markownikoff).

$$\underset{Propène}{CH_3-CH=CH_2} + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{(Isopropanol)}{CH_3-\underset{OH}{CH}-CH_3}$$ Acool secondaire

$$\underset{\text{2- Méthyle, 2- butène}}{CH_3-\overset{CH_3}{C}=CH-CH_3} + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{2- Mèthyle 2- Butanol}}{CH_3-\underset{OH}{\overset{CH_3}{C}}-CH_2-CH_3}$$ Alcool tertiaire

L'Alcool dénaturé (l'alcool rouge) Une taxe de production élevée est imposée sur l'éthanol pur, qui a une concentration de 96 %, afin de réduire sa consommation dans les boissons alcoolisées en raison de ses graves méfaits pour la santé et la société. Mais en raison des nombreuses utilisations de l'éthanol comme carburant et dans de nombreuses industries chimiques et comme solvant organique, il peut être utilisé à un prix économique après y avoir ajouté certaines substances toxiques, telles que le méthanol (provoque la folie et la cécité), la pyridine (ça sent mauvais) et quelques colorants pour le colorer. Ces additifs ne peuvent être séparés de l'éthanol que par des procédés chimiques complexes. De plus, la loi les punit.

Méthodes de préparations des Alcools

En chauffant des halogénures d'alkyle, dont le radical alkyle est constitué du radical alkyle de l'alcool souhaité avec des solutions aqueuses d'alcalis forts, le groupe hydroxyle remplace le radical halogénure et l'alcool correspondant se forme.

$$RX + KOH_{(aq)} \xrightarrow{\Delta} R\text{—}OH + KX$$

RETENONS:- Les halogènes sont classés d'après la facilité d'être déplacer comme suit:-
l'iode > brome > chlore
Donc les iodures d'alkyles sont les plus faciles à décomposer.

Propriétés générales des alcools

Propriétés physiques

Alcool	Degré d'ébullition
Ethanol C_2H_5OH	78^0C
Ethylène glycol $C_2H_4(OH)_2$	197^0C
Glycérol $C_3H_5(OH)_3$	290^0C

Propriétés physiques :-

1- Les composés supérieurs sont solides, ont un aspect cireux et leur mixibilité avec l'eau diminue par l'augmentation de leur masse moléculaire.
2- La solubilité des alcools dans l'eau augmente avec :-
(a) La diminution de la masse moléculaire (inversement proportionnelle).
(b) L'augmentation du nombre de groupe hydroxyde dans la molécule (directement proportionnelle).

Propriétés chimiques

Les réactions chimiques des alcools peuvent être divisées en :
1- Réactions de l'atome d'hydrogène du groupe hydroxyle.
2- Réactions du groupe hydroxyle.
3- Interactions du groupe carbonyle.
4- Des interactions qui incluent toute la partie.

1- Réactions concernant l'atome d'hydrogène du groupe hydroxyle :

L'acidité des alcools : (Acidité faible) La paire d'électrons en commun entre l'hydrogène et l'oxygène du groupe hydroxyde est plus attirée par l'oxygène qui a une plus grande électronégativité ; ce qui facilite la rupture de la liaison covalente polaire, ainsi le métal peut remplacer l'hydrogène.

(A) $2\ R\,OH + 2\ K \rightarrow 2\ ROK$ (Alkoxyde de potassium) $+ H_{2\,(g)} \uparrow$

(B) L'estérification :

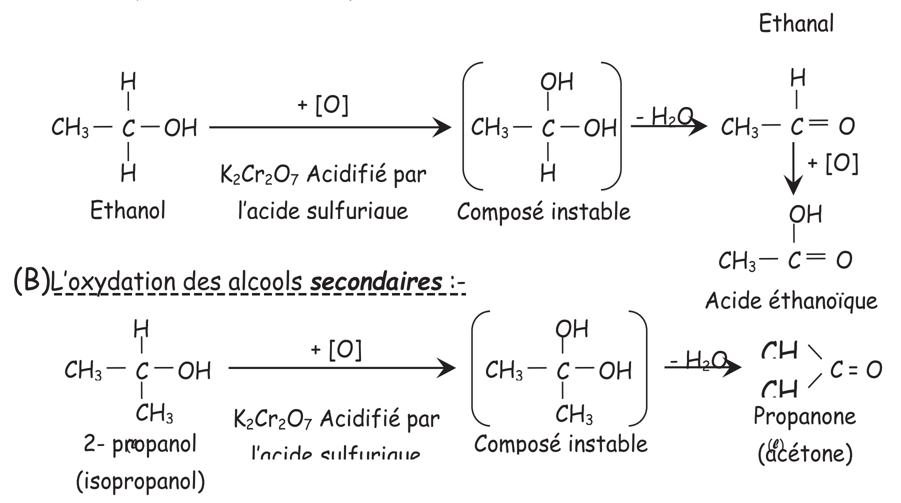
$$CH_3 - CO\,OH + H\,OC_2H_5 \xrightarrow[\text{Conc}]{H_2SO_4} CH_3 - COO\,C_2H_5 + H_2O$$

2- **Réactions concernant le groupe hydroxyle :**

$$C_2H_5OH_{(\ell)} + HCl_{(\ell)} \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl_{(aq)} \text{ (Chlorure d'éthyle)} + H_2O_{(\ell)}$$

3- **Réactions concernant le groupe carbynole :**

(a) L'oxydation des alcools ***primaires*** :-



(C)L'oxydation des alcools tertiaires :-

Ne s'oxyde pas le groupe carbynole n'est pas lié à des atomes d'hydrogène.

4- Réactions concernant toute la molécule : "Déshydratation"

1 -
$$\begin{matrix} C_2H_5OH \\ C_2H_5OH_{(\ell)} \end{matrix} \xrightarrow[140°C]{H_2SO_4\ Conc} C_2H_5 - O - C_2H_5 + H_2O$$

Diéthyle éther (g) (v)

2- $$C_2H_5OH_{(\ell)} \xrightarrow[180°C]{H_2SO_4\ Conc} C_2H_{4(g)} + H_2O_{(v)}$$

Importance économique de l'éthanol (alcool éthylique) :

1- Utilisé comme solvant organique des huiles et des graisses.

2- Utilisé dans la fabrication des produits pharmaceutiques, des colorants et des vernis.

3- Utilisé dans les solutions de stérilisation de la bouche et des dents comme matière désinfectante

pour tuer les microbes.

4- Utilisé dans la fabrication des parfums et des boissons alcooliques (Fibrome de foie – cancer de l'estomac et l'œsophage).

5- Certains pays le mélange avec la gazoline pour l'utiliser comme essence des voitures.

6- Entre dans la composition de l'alcool dénaturé utilisé comme combustible dans les maisons et dans certaines industries chimiques.

7- Utilisé dans les thermomètres qui mesurent les basse températures (-50°C) car il se congèle à "-110,5°C"

Alcools "di"hydroxylés CH_2-CH_2 (OH OH) L'éthylène glycol $C_2H_4(OH)_2$

Usages :-

1- Il est utilisé dans les radiateurs de voitures dans les régions froides pour empêcher la congélation de l'eau.
2- Il est un liquide très visqueux ainsi on l'utilise dans les liquides des freins hydrauliques, l'encre sèche, l'encre d'imprimerie.
3- Il est Utilisé dans la préparation des polyéthylènes glycol (P.E.G) qui entre dans la fabrication des fibres en Dacron, les films photographiques et les rubans d'enregistrement.

Alcools "**tri**"hydroxylés Le glycérol (glycérine)

$C_3H_5(OH)_3$

$CH_2 - CH - CH_2$ (OH OH OH)

Usages :-

1- Il est utilisé comme matière qui rafraichit la peau dans les produits de beauté et des crèmes.
2- Il entre dans la fabrication des tissus pour leur donner une élasticité et une souplesse.
3- Il entre dans la fabrication de "la nitroglycérine" = tri nitroglycérine au cours de la nitration, pour l'utiliser :
   (a) Comme explosif. (la dynamite)
   (b) Dans la médecine : Pour la dilatation des artères lors des crises cardiaque.

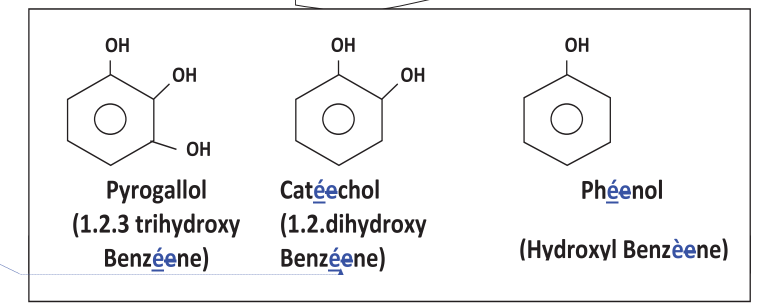
$$C_3H_5(OH)_3 \text{ (}CH_2-OH,\ CH-OH,\ CH_2-OH\text{)} + 3\,HO-NO_{2\,Conc}\,(\ell) \xrightarrow[Conc]{H_2SO_4} C_3H_5(ONO_2)_3 \text{ (}CH_2-O-NO_2,\ CH-O-NO_2,\ CH_2-O-NO_2\text{)}\,(\ell) + 3\,H_2O$$

Les composés "**poly**" hydroxylés

Les carbohydrates peuvent être :-

Des aldéhydes poly hydroxylés	Des cétones poly hydroxylés
Ex : Le glucose CHO | $(CHOH)_4$ | CH_2OH	Ex :- Le fructose CH_2OH | C = O | $(CHOH)_3$ | CH_2OH

Les phénols



<u>Préparation du phénol</u> :- 1- Par **distillation fractionnée** du goudron de la houille.

2-Par **hydrolyse** des composés halogénés aromatiques :-

$$C_6H_5Cl_{(\ell)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow[300\ atm]{300°C} C_6H_5OH_{(\ell)} + NaCl_{(aq)}$$

Chloro benzène Phénol

<u>A/ Propriétés physiques :-</u>

1- Matière solide incolore (sous forme de cristaux) à odeur caractéristique.
2- Il a un effet caustique sur la peau. ,Il fond à 43°C.
3- Il est peu soluble dans l'eau, sa solubilité augmente avec l'élévation de température et il est complètement miscible à l'eau à 65°C.

B/ Propriétés chimiques :-

1- **L'acidité** du phénol :

Comparer entre les alcools et les phénols :

Points de comparaison	ALCOOLS	PHÉNOLS
Réaction avec les métaux actifs.	$2\ C_2H_5OH + 2\ Na \downarrow 2\ C_2H_5ONa + H_2 \uparrow$	$2\ C_6H_5OH + 2\ Na \downarrow 2\ C_6H_5ONa + H_2 \uparrow$
Réactions avec les alcalins	Pas de réaction	$C_6H_5OH + NaOH \downarrow C_6H_5ONa + H_2O$
Réactions avec les acides non oxygénés	$C_2H_5OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} C_2H_5Cl + H_2O$	Pas de réaction

2- **Nitration** du phénol :

$$C_6H_5OH_{(\ell)} + 3\ HNO_{3\ Conc\ (\ell)} \xrightarrow[50°C]{H_2SO_{4\ Conc}} C_6H_2(OH)(NO_2)_{3\ (s)} + 3\ H_2O$$

($C_6H_2(OH)(NO_2)_3$: l'acide picrique)

3- avec le formaldéhyde :HCHO

<u>Polymérisation par condensation</u> :- C'est l'union de deux monomères différents en éliminant une molécule d'eau formant un copolymère.

La mise en évidence des phénols :-

1- Si on ajoute quelques gouttes de chlorure de fer "III" à une solution aqueuse de phénol, elle devient violette.
2- En ajoutant l'eau de brome à la solution aqueuse de phénol, il se forme un précipité blanc.

Les Acides Carboxyliques

Le groupe carboxyle peut être reliée au groupe alkyle pour former des acides aliphatiques. Si le groupe carboxyle entre directement en contact avec un cycle benzénique, un acide aromatique se forme

acide aromatique acide Aliphatique

Les acides aliphatiques saturés Mono carboxylés sont nommés acides gras ? Car un grand nombre de ces acides se trouve dans les graisses sous forme d'ester avec la glycérine (glycérol).

Le groupe carboxyle caractéristique des acides organiques est un groupe complexe de groupes carbonyle (C=O) et hydroxyle (-OH).

Les acides Aliphatiques

Mono carboxylés (monobasiques)	Dicarboxylés (dibasiques)
Les acides qui libèrent un seul proton dans leurs solutions aqueuses.	Les acides qui libèrent deux protons dans leurs solutions aqueuses.
Ex :- Acide formique HCOOH (acide méthanoïque)	Ex :- Acide oxalique COOH | COOH

La nomenclature des acides aliphatiques :-

Les acides carboxyliques sont souvent appelés par leurs noms communs, dérivés du nom latin ou grec de la source à partir de laquelle ils sont fabriqués. Par exemple, le nom d'acide formique est dérivé du nom de fourmis rouges (Formica), car l'acide a d'abord été préparé à partir de la distillation de fourmis moulues, d'acide acétique et acétique à partir de vinaigre (Acetum), d'acide butyrique à partir de beurre (Butyrum) et l'acide palmitique de l'huile de palme.

Les acides de dénomination sont appelés selon l'IUPAC :

Bien que le nom commun des acides soit le plus utilisé que pour tous les autres composés organiques, lors de la dénomination d'un acide selon l'IUPAC, le nom de l'acide est dérivé de l'alcane correspondant qui contient le même nombre d'atomes de carbone en ajoutant la syllabe (semaine) à la fin du nom de l'alcane.

Formule	*Nom d'après la source naturelle*	*Alcane correspondant*	*Nom d'après l'I.U.P.A.C*
HCOOH	Acide formique (fourmis rouge)	Méthane	Acide méthanoïque
CH_3COOH	Acide acétique (vinaigre = Acetum)	Éthane	Acide éthanoïque
C_3H_7COOH	Acide butyrique (Beurre)	Butane	Acide butanoïque
$C_{15}H_{31}COOH$	Acide palmitique (Palmier)	hexa décane	Acide hexadecanoïque

réparation industrielle de l'acide acétique

1- **Méthode biologique :** L'acide acétique (vinaigre) est préparé par oxydation des solutions alcooliques diluées par l'intermédiaire de l'oxygène de l'air en présence des bactéries du vinaigre.

2- Par hydratation catalytique de l'acétylène :-

$$H-C\equiv C-H + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4\ 40\%]{HgSO_4\ 60^0C} CH_3-CHO \xrightarrow{[O]} CH_3-COOH$$

Acétaldéhyde (éthanal)

Acide acétique (Acide éthanoïque)

A/ Propriétés physiques :-

L'acide	Masse moléculaire	Point d'ébullition en^{0}C	L'Alcool	Masse moléculaire	Point d'ébullition en^{0}C
Formique	**46**	**100^{0}C**	**L'éthanol**	**46**	**78^{0}C**
Acétique	**60**	**118^{0}C**	**propanol**	**60**	**118^{0}C**

B/ Propriétés chimiques :-

1- Réactions concernant l'ion hydrogène :- Propriété acide

(a) $2\,CH_3COOH_{(aq)} + Mg_{(s)} \longrightarrow (CH_3COO)_2Mg_{(aq)} + H_{2(g)}$

(B) $CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$ ...

2- Réactions concernant le groupe hydroxyle :- "Estérification"

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + H-OR \xrightarrow[Conc]{H_2SO_4} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR + H_2O$$

3- Réactions concernant le groupe carboxyle :-

$$\text{Acide carboxylique} + \text{Hydrogène} \xrightarrow[\text{Chromate de cuivre "}CuCrO_4\text{"}]{\text{Réduction "}200^0\ C\text{"}} \text{Alcool} + \text{Eau}$$

$$CH_3COOH_{(aq)} + 2\,H_{2\,(g)} \xrightarrow[200^0\,C]{CuCrO_4} CH_3CH_2OH_{(v)} + H_2O_{(v)}$$

La mise en évidence des acides aliphatiques

1) L'effet acide :-

On ajoute l'acide au sel carbonate ou de bicarbonate de sodium.

Il y aura une effervescence et il se dégage le gaz dioxyde de carbone qui trouble l'eau de chaux.

2) L'estérification :-

Les acides carboxyliques réagissent avec les alcools pour former des esters caractérisés par des odeurs agréables.

Acides aromatiques

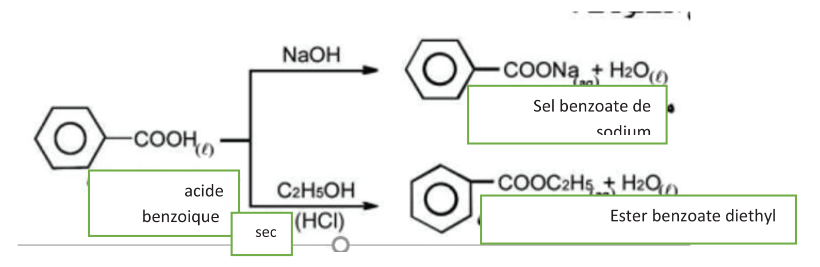
Monocarboxylés (monobasiques)	Dicarboxylés (dibasiques)
Ex :- COOH (benzène) Acide benzoïque ; COOH, OH (benzène) Acide salicylique	Ex :- Acide phtalique (benzène, COOH, COOH)

Préparation industrielle de l'acide benzoïque

Oxydation du toluène ou du benzaldéhyde en utilisant les agents oxydants convenables.

$$2\ C_6H_5CH_{3(\ell)} + 3\ O_{2(g)} \xrightarrow[400°C]{V_2O_5} 2\ C_6H_5COOH_{(aq)} + 2\ H_2O_{(v)}$$

Ils sont un peu plus fort que les acides aliphatiques, moins soluble dans l'eau et moins volatils.



Les esters

Ce sont des composés organiques résultant de la réaction des acides carboxylique avec les alcools. {Estérification}

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + H-OR \rightleftharpoons R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OR + H_2O$$

Les esters sont nommés par le nom du radical acide et le nom de l'alkyl de l'alcool.

Acide formique + Alcool méthylique ↔ Ester formate de méthyle + Eau

$HCOOH_{(l)} + CH_3OH_{(l)} \leftrightarrow HCOOCH_{3\,(aq)} + H_2O_{(l)}$

Acide acétique + Alcool éthylique ↔ Ester acétate d'éthyle + Eau

$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \leftrightarrow CH_3COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$

Acide Benzoïque + Alcool éthylique ↔ Ester benzoate d'éthyle + Eau

$C_6H_5COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \leftrightarrow C_6H_5COOC_2H_{5(aq)} + H_2O_{(l)}$

Propriétés Physiques :-

La masse moléculaire		L'acide	L'alcool	L'ester
60		CH_3COOH	C_3H_7OH	$HCOOCH_3$
	Degré d'ébullition	118^0C	$97,8^0C$	$31,8^0C$
74		C_2H_5COOH	C_4H_9OH	CH_3COOCH_3
	Degré d'ébullition	141^0C	118^0C	57^0C

Propriétés chimiques :-

1-L'hydrolyse:- Il résulte de l'hydrolyse d'un ester, d'un alcool et d'un acide, ou en d'autres termes, cette réaction inverse le processus d'estérification précédent.

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R` + H.OH \underset{\text{Estérification}}{\overset{\text{Hydrolyse}}{\rightleftharpoons}} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + R`-OH$$

(a) Hydrolyse acidifiée :- On utilise un acide minéral comme catalyseur.

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_{5\,(l)} + H_2O_{(l)} \xrightarrow{H^+} CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(l)}$$

Ester acétate d'éthyle

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_5 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_5COOH + C_2H_5OH$$

Ester benzoate d'éthyle

(B)Hydrolyse basique :- Saponification

Car le sel du savon est le sel sodique des acides carboxyliques supérieurs.

Ester + Alcalin aqueuse $\xrightarrow{\Delta}$ Sel de l'acide carboxylique + Alcool

$$CH_3COOC_2H_{5(\ell)} + NaOH_{aq} \xrightarrow{\Delta} CH_3COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

$$C_6H_5COOC_2H_{5(\ell)} + NaOH_{aq} \xrightarrow{\Delta} C_6H_5COONa_{(aq)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

1- **Décomposition ammoniacale:-**

Ester + Gaz ammoniac → Amide de l'acide carboxylique + Alcool

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_{5(\ell)} + NH_{3(g)} \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_{2(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

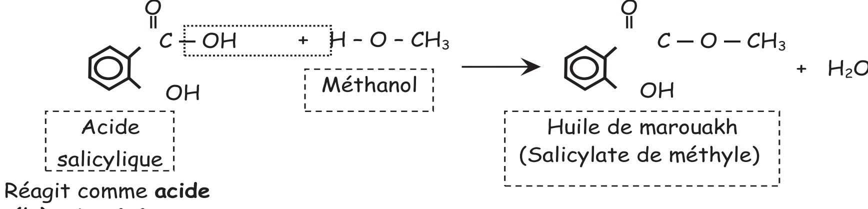
Ester acétate d'éthyle — Acétamide

$$C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_2H_{5(\ell)} + NH_{3(g)} \longrightarrow C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_{2(\ell)} + C_2H_5OH_{(\ell)}$$

Ester benzoate d'éthyle — Benzamide

Les esters comme produits pharmaceutiques :-l'acide Salysilique Il réagit comme un acide ou comme un alcool selon les équations suivantes.

(a) **Huile de Maroukh** :- Utilisée comme crème qui est absorbée par la peau pour calmer les douleurs rhumatismiques.



Réagit comme **acide**

(b) **Aspirine :-**

$$C_6H_4(COOH)(OH) + HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 \longrightarrow C_6H_4(COOH)(O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3) + H_2O$$

Acide salicylique — Acide acétique — Aspirine (Acétyle de l'acide salicylique)

Réagit comme **phénol**

(a) L'acide salicylique qui est la matière effective [active].

(b) Le groupe acétyle (CH_3CO —) qui diminue l'acidité de l'aspirine et le rend sans saveur.

L'hydrolyse de l'aspirine dans le corps

Aspirine $\xrightarrow[\text{Milieu acide}]{\text{Hydrolyse}}$ Acide salicylique + Acide acétique

$$C_6H_4(COOH_3)(O-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-CH_3) + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_4(COOH_3)(OH) + CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

Effet secondaire de l'aspirine :-

1- Les médecins conseillent de pulvériser l'aspirine avant de l'avaler ou de la dissoudre dans l'eau.

2- Certains genres d'aspirine sont mélangés à des matières basiques.

Usages :-

1) Remédier les maux de tête. 2) Diminuer la température du corps.

3) Diminuer la coagulation du sang et empêche la crise cardiaque



مفاهيم الفيزياء (عربي)

الصف الثالث الثانوي